الوسام

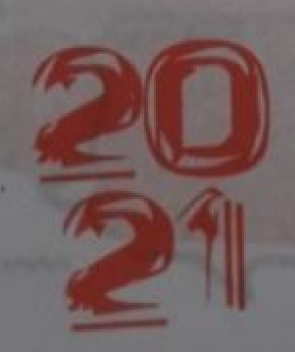
الفيزياء

كتاب الشرح

للصف الثالث الثانوي

إعداد

أحمد إمام أحمد بركة





رموز ووحدات بعض الكميات الفيزيقية المستخدمة فى المنهج

م	الكمية	الرمز المستخدم	وحدة القياس عربى	E
١	الزمن	t	ثانية	S
٢	طول الموصل	ℓ	متر	m
٣	المساحة	A	م٢	m^2
٤	الحجم	V_{ol}	م٣	m^3
٥	السرعة	v	م/ث	m/s
٦	الزمن الدورى	T	ثانية	S
٧	الكتلة	m	كجم	Kg
٨	الكثافة	ρ	كجم/م٣	Kg/m^3
٩	العجلة	a	م/ث٢	m/S^2
١٠	عجلة السقوط الحر	g	م/ث٢	m/S^2
١١	كمية التحرك الخطية	P_L	كجم م/ث	Kgm/S
١٢	القوة	F	نيوتن	N
١٣	الوزن	Fg	نيوتن	N
١٤	عزم الازدواج	τ	نيوتن . متر	N.m
١٥	الشغل	W	جول	J
١٦	الطاقة	E	جول	J
١٧	طاقة الوضع	PE	جول	J
١٨	طاقة الحركة	KE	جول	J
١٩	فرق الجهد	V	فولت	V
٢٠	القدرة	P_W	وات	W
٢١	درجة الحرارة	$t^o c$, T K	كلفن، سيلزيوس	K.C
٢٢	الضغط	P	نيوتن / م٢	N/m^2
٢٣	معامل النفاذية	μ	وبر / أمبيرمتر	weber/Am
٢٤	عزم ثنائى القطب	$\|\vec{md}\|$	أمبيرم٢	Am^2

تابع رموز ووحدات بعض الكميات الفيزيقية المستخدمة فى المنهج

م	الكمية	الرمز المستخدم	وحدة القياس	
			عربى	E
٢٥	معامل الحث المتبادل	M	هنرى	H=V.s/A
٢٦	معامل الحث الذاتى	L	هنرى	H
٢٧	السرعة الزاوية	ω	رديان / ث	rad/s
٢٨	المفاعلة الحثية	X_L	أوم	Ω
٢٩	المفاعلة السعوية	X_c	أوم	Ω
٣٠	المعاوقة	Z	أوم	Ω
٣١	الكفاءة	η	نسبة	
٣٢	الشحنة الكهربية	Q , q	كولوم	C
٣٣	شحنة الإلكترون	e	كولوم	C
٣٤	القوة الدافعة لبطارية	V_B	فولت	V
٣٥	القوة الدافعة المستحثة	emf	فولت	V
٣٦	شدة المجال الكهربى	ε	فولت / م	V/m
٣٧	شدة التيار الكهربى	I	أمبير	A
٣٨	المقاومة الكهربية	R	أوم	Ω
٣٩	المقاومة النوعية	ρ_e	أوم.متر	Ωm
٤٠	التوصيلية الكهربية	σ	سيمون م-١	$\Omega^{-1} m^{-1}$
٤١	كثافة الفيض المغناطيسى	B	تسلا	Tesla
٤٢	زاوية لانحرف للضوء	α	درجة	°
٤٣	الفيض المغناطيسى	ϕ_m	وبر	Web
٤٤	سرعة الضوء	C	م / ث	m/s
٤٥	التردد الموجى	ν	هرتز	Hz
٤٦	التردد الكهربى	f	هرتز	Hz
٤٧	الطول الموجى	λ	متر	m
٤٨	ثابت بلانك	h	جول.ثانية	J.s
٤٩	نصف القطر	r	متر	m
٥٠	السعة الكهربية	C	فاراد	F

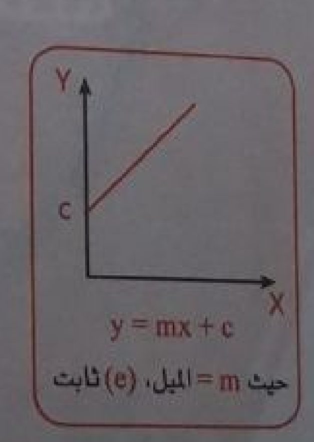
مبادى المضاعفات والكسور للوحدات

القيمة	الاسم		الرمز
Factor	E	عربى	symbol
10^{-1}	deci	ديسى	d
10^{-2}	centi	سنتى	c
$10^{-3} = (10^{3})^{-1}$	milli	مللى	m
$10^{-6} = (10^{3})^{-2}$	micro	ميكرو	μ
$10^{-9} = (10^{3})^{-3}$	nano	نانو	n
$10^{-12} = (10^{3})^{-4}$	pico	بيكو	p
$10^{-15} = (10^{3})^{-5}$	femto	فيمتو	f
$10^{-18} = (10^{3})^{-6}$	atto	إتو	a
$10^{-21} = (10^{3})^{-7}$	zepto	زبتو	z
$10^{-24} = (10^{3})^{-8}$	yocto	يوكتو	y
$10^{24} = (10^{3})^{8}$	yotta	يوتا	Y
$10^{21} = (10^{3})^{7}$	zetta	زيتا	Z
$10^{18} = (10^{3})^{6}$	exa	إكسا	E
$10^{15} = (10^{3})^{5}$	peta	بيتا	P
$10^{12} = (10^{3})^{4}$	tera	تيرا	T
$10^{9} = (10^{3})^{3}$	giga	جيجا	G
$10^{6} = (10^{3})^{2}$	mega	ميجا	M
$10^{3} = (10^{3})^{1}$	kilo	كيلو	k
10^{2}	hecto	هيكتو	h
10^{1}	deka	ديكا	da

الحروف والرموز المستخدمة فى الفيزياء

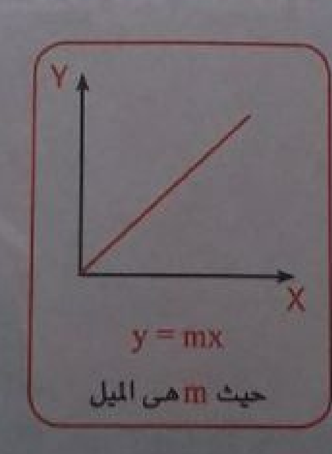
البادئة	الرمز	البادئة	الرمز
ألفا	α	كاى	χ
بيتا	β	ميو	μ
جاما	γ	نيو	ν
ثيتا	θ	باى	π
لامدا	λ	فاى	ϕ
دلتا	Δ	أوميجا	ω
سيجما	σ	تاو	τ
رو	ρ	بساوى	ψ
ايتا	η	ابسلون	ε

أنواع العلاقات البيانية



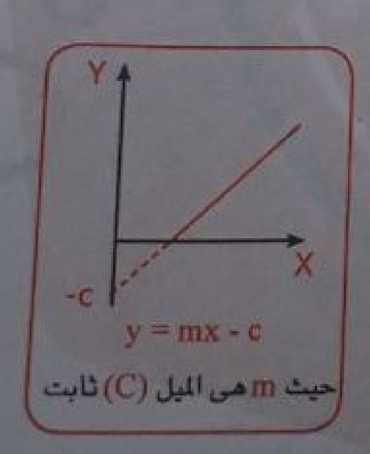
$y = mx + c$

حيث m = الميل، (c) ثابت



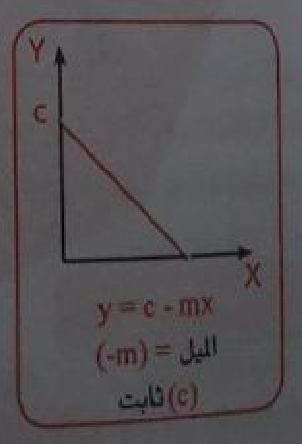
$y = mx$

حيث m هى الميل



$y = mx - c$

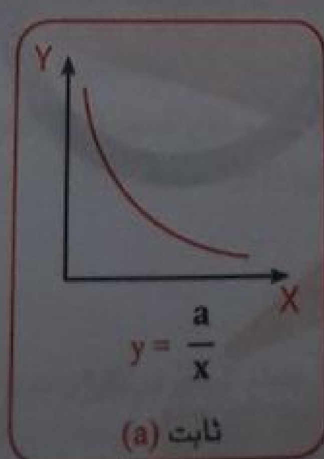
حيث m هى الميل (C) ثابت



$y = c - mx$

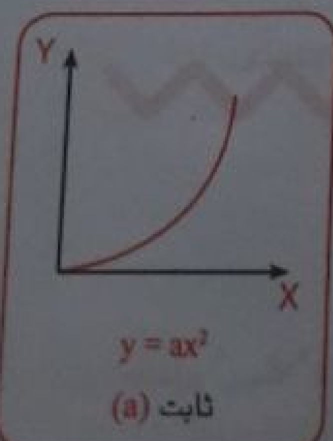
الميل = (-m)

(c) ثابت



$y = \frac{a}{x}$

ثابت (a)



$y = ax^2$

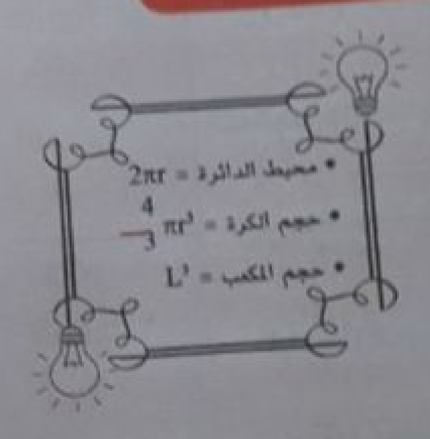
ثابت (a)

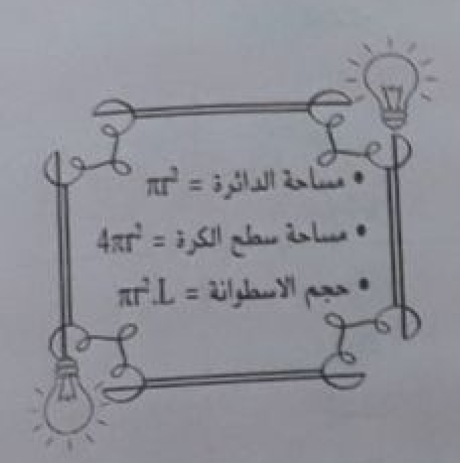
بعض التحويلات الهامة للوحدات

- سم × 10^{-2} = متر
- سم² × 10^{-4} = متر²
- سم³ × 10^{-6} = متر³
- مم × 10^{-3} = متر
- مم² × 10^{-6} = متر²

- مم³ × 10^{-9} = متر³
- أنجستروم × 10^{-10} = متر
- جم × 10^{-3} = كجم
- لتر × 10^{-3} = متر³
- داين × 10^{-5} = نيوتن

بعض المساحات والحجوم





المثلث:

- المحيط = مجموع أطوال الأضلاع
- المساحة = نصف القاعدة × الارتفاع

المربع:

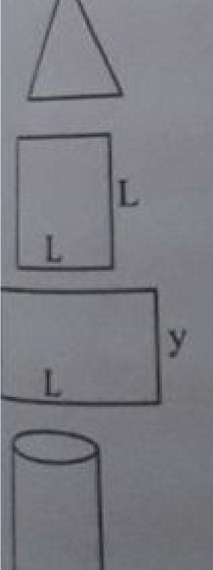
- المحيط = طول الضلع $4x$ = $4L$
- المساحة = طول الضلع × نفسه = L^2

المستطيل:

- المحيط = (الطول + العرض) $2x$
- المساحة = الطول × العرض

الاسطوانة:

- المساحة الجانبية= محيط القاعدة × الارتفاع
$= 2\pi r.h$
- المساحة الكلية = المساحة الجانبية + مساحة القاعدتين
$= 2\pi r.h + 2\pi r^2$



الوحدة الأولى

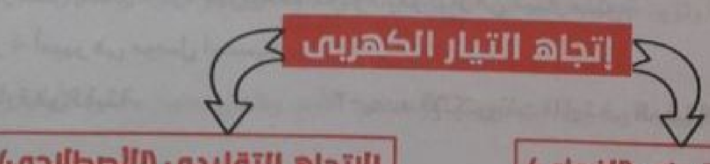
الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

1 التيار الكهربى وقانون أوم وقانونا كيرشوف

مقـــدمة

فى بداية دراسة الكهرباء التيارية فى هذه الوحدة تحتاج إلى بعض المعلومات السابق دراستها فى السنوات الماضية لأنها تعتبر أساسًا لما سوف ندرسه فى هذه الوحدة وسوف نوضح ونذكر ما سبق دراسته بإختصار فى الآتى.

التيار الكهربى

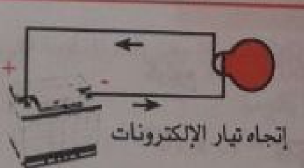


- وهو سيل من الإلكترونات الحرة تنتقل عبر الموصل المعدنى من الطرف السالب إلى الطرف الموجب فى وجود فرق جهد أو مصدر للطاقة الكهربية (بطارية).

الموصل الكهربى المعدنى:
مادة تسمح بمرور التيار الكهربى خلالها لاحتوائها على الكترونات حرة لضعف إرتباطها بالذرة.

اتجاه التيار الكهربى

إتجاه التيار الكهربى

الاتجاه الإلكترونى (الفعلى)	الاتجاه التقليدى (الأصطلاحى)
 إتجاه تيار الإلكترونات	 الاتجاه الاصطلاحى للتيار
وهو حركة إلكترونات فى الدائرة الخارجية من القطب السالب للبطارية إلى القطب الموجب.	يكون إتجاه التيار الكهربى فى الدائرة الخارجية من القطب الموجب للبطارية إلى القطب السالب

ونظرًا لان اكتشاف الكهربية التيارية سابق للاكتشاف الالكترونات فإننا سنأخذ بالاتجاه التقليدى

الإتجاه الإلكترونى (الفعلى): من القطب السالب إلى الموجب خارج المصدر (عكس الإتجاه التقليدى).

- كمية الشحنة الكهربية تقاس بالكولوم ويرمز لها (Q).
- شحنة الإلكترون سالبة = 1.6×10^{-19} كولوم

شدة التيار الكهربى (I)

- يقدر بكمية الشحنة الكهربية (Q) بالكولوم المارة عبر مقطع الموصل فى ثانية واحدة. وتقاس بوحدة "الأمبير" وبإستخدام جهاز الأميتر وتحسب من العلاقة:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{n \times 1.6 \times 10^{-19}}{t}$$

حيث n عدد الإلكترونات المارة و t الزمن بالثانية.

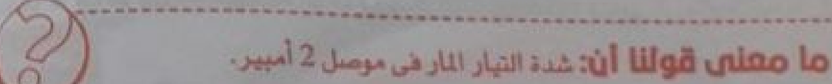
تعريف الأمبير: هو شدة التيار الكهربى الناتج عن سريان كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 1 كولوم عبر مقطع من الموصل فى 1 ثانية.

∴ أمبير = $\frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}}$ ،شحنة الإلكترون = 1.6×10^{-19} كولوم.

حساب عدد الإلكترونات فى شحنة = $\frac{\text{مقدار الشحنة}}{\text{شحنة الإلكترون}} = \frac{Q}{1.6\times10^{-19}}$

ما معنى قولنا أن: شدة التيار المار فى موصل 2 أمبير.

أى أن مقدار الشحنة الكهربية التى تمر عبر مقطع من الموصل فى 1 ثانية = 2 كولوم



شروط مرور التيار الكهربى فى الدائرة

١- وجود مصدر كهربى يعطى فرق جهد مثل البطارية.

٢- وجود مسار مغلق يسمى دائرة كهربية مغلقة، ولا يمر تيار فى مسار مفتوح.

مثال: يمر تيار 4 أمبير فى موصل احسب:

١- الشحنة المارة فى دقيقة. ٢- عدد الإلكترونات المارة فى الدقيقة.

الحل:

١- $Q = I.t = 4 \times 60 = 240$ كولوم

٢- عدد الإلكترونات $= \frac{240}{1.6 \times 10^{-19}} = 15 \times 10^{20}$

فرق الجهد بين نقطتين V (Potential difference)

يقدر بالشغل المبذول مقدرًا بالجول اللازم بذله لنقل كمية كهربية مقدارها واحد كولوم من أحد النقطتين إلى الأخرى، ويقاس بوحدات الفولت وباستخدام جهاز الفولتميتر.

حسب العلاقة:

$W = Q \times V$

جول = كولوم × فولت

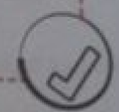
$V = \frac{W}{Q}$

الفـولت:

هو فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل مقداره واحد جول لنقل كمية من الكهربية مقدارها واحد كولوم من إحدى النقطتين إلى الأخرى.

القوة الدافعة الكهربية لمصدر (ق.د.ك) $e.m.f (V_B)$

- تقدر بالشغل المبذول لنقل كمية من الكهربية مقدارها واحد كولوم فى الدائرة الكهربية داخل وخارج المصدر (البطارية). (لمرة واحدة)
- وهى فرق الجهد بين قطبى البطارية (المصدر) فى حالة عدم مرور تيار كهربى فى الدائرة (عدم سحب تيار منها)، وتقاس بالفولت أيضًا.



ما معنى قولنا أن: القوة الدافعة لعمود كهربى 2 فولت.

أن الشغل الكلى المبذول لنقل شحنة 1 كولوم داخل وخارج العمود = 2 جول (لمرة واحدة).

عمل البطارية فى الدائرة الكهربية:

هى بمثابة مضخة تسحب وتدفع إلكترونات الموصل عبر الدائرة مثل: مضخة الماء حيث أنها لا تنتج الماء كذلك البطارية لا تنتج الإلكترونات ولكن مصدر الإلكترونات هو الأسلاك الموصلة وفرق الجهد يحدث مجال كهربى عبر الموصل تحدث قوة تحرك الإلكترونات فى الدائرة وسرعة المجال الكهربى تقترب من سرعة الضوء أما سرعة الإلكترونات الإنسياقية صغيرة جدًا حوالى متر/ساعة وتزيد السرعة فى المقاطع الضيقة فى الموصل وتقل فى الواسعة لنفس الموصل.

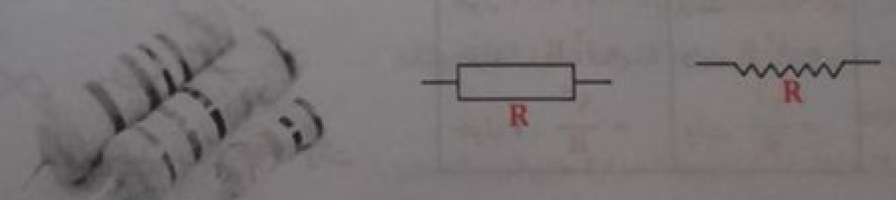
المقاومة R:

هى الممانعة التى يلقاها التيار الكهربى عند مروره فى موصل. ووحداتها الأوم، وتقاس بجهاز يسمى الأوميتر.ويرمز لها (R)

أنواع المقاومات:

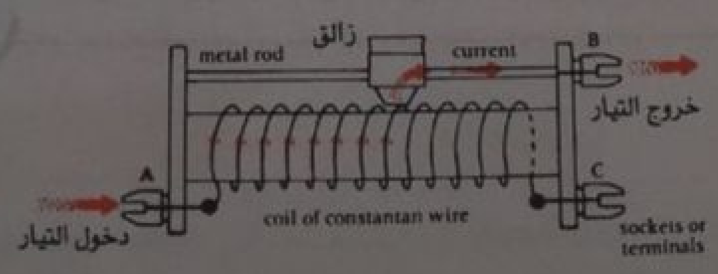
(أ) مقاومة ثابتة: (R) وهى تلك المقاومة التى يكون لها قيمة واحدة وتظل ثابتة فى الظروف العادية.

ويرمز لها بالرمز



(ب) مقاومة متغيرة:

وهى المقاومة التى يمكن التحكم فى قيمتها زيادة أو نقصًا ويرمز لها أو ويوجد منها: الريوستات المنزلق الموضح بالشكل.



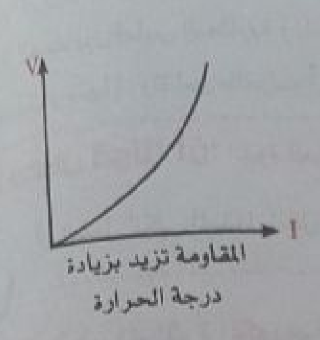


قانون أوم Ohm'sLaw

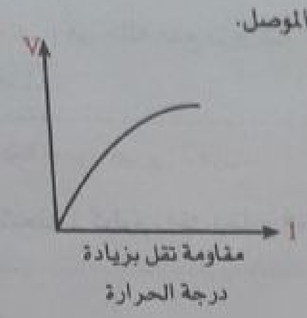
«شدة التيار الكهربى المار فى الموصل تتناسب طرديًا مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة حرارة الموصل».

أى أن: $V \alpha I$ $\quad V = I.R$

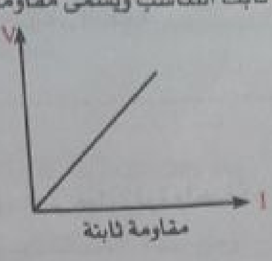
حيث (R) ثابت التناسب ويسمى مقاومة الموصل.



المقاومة تزيد بزيادة درجة الحرارة



مقاومة تقل بزيادة درجة الحرارة

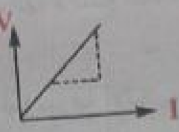


مقاومة ثابتة



$R = \frac{V}{I}$

∴ أوم = $\frac{\text{فولت}}{\text{أمبير}}$



ميل الخط المستقيم للعلاقة بين $V - I$ وهو مقدار المقاومة = $R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$

الأوم:

هو مقاومة موصل يسمح بمرور تيار شدته واحد أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه واحد فولت.

الطاقة الكهربية والقدرة الكهربية.

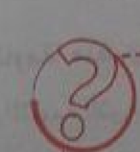
القدرة = $\frac{\text{الطاقة}}{\text{الزمن}}$

وات = $\frac{\text{جول}}{\text{ثانية}}$

الكيلووات = 1000 وات

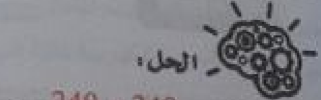
الطاقة	القدرة
$E = I . V . t$ جول	$P = I . V$ وات
$= I^2 R . t$ جول	$= I^2 R$ وات
$= \frac{V^2}{R} . t$ جول	$= \frac{V^2}{R}$ وات

ماذا يحدث: لمقاومة موصل إذا زادت شدة التيار فيها إلى الضعف.



المقاومة لا تتغير لأنها لا تتوقف على شدة التيار وفرق الجهد.

مثال: مصباح كهربى قدرته 100 وات يعمل على فرق جهد 240 فولت احسب:
١- مقاومته عند التشغيل.
٢- شدة التيار المار فيه.
٣- كمية الشحنة المارة فيه لمدة دقيقة واحدة.
٤- عدد الإلكترونات المارة فيه لمدة دقيقة واحدة.
٥- الطاقة الكهربية التى يستهلكها فى زمن 24 ساعة.



الحل:

١- أوم $576 = \frac{240 \times 240}{100} = \frac{V^2}{\text{القدرة}} = R \therefore$ $\frac{V^2}{R} =$ القدرة

٢- شدة التيار $= \frac{V}{R} = \frac{240}{576} = \frac{5}{12} = 0.416$ أمبير

٣- كولوم $25 = \frac{5}{12} \times 60 = Q = I.t$ كمية الشحنة

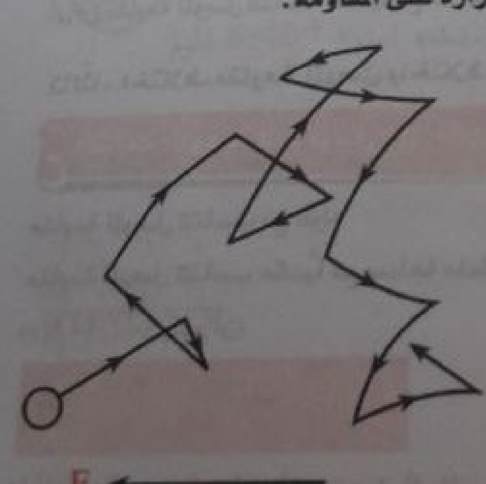
٤- إلكترون $15.625 \times 10^{19} = \frac{25}{1.6 \times 10^{-19}} = n$ عدد الإلكترونات

٥- جول $8.64 \times 10^{6} = 100 \times 24 \times 60 \times 60 = I.V.t$ الطاقة

ماهى المقاومة الكهربية للموصلات المعدنية وسببها وتأثير الحرارة على المقاومة.

- تنشأ المقاومة فى الأسلاك بسبب حركة الذرات الاهتزازية فى الموصل وهذه الحركة تعوق سريان وسرعة الإلكترونات فى الوصل مما يسبب المقاومة الكهربية.

وبذلك لا يتحرك الإلكترون فى خط مستقيم ولكن يسير كما بالشكل فى عكس إتجاه المجال الكهربى.



- وعند زيادة درجة الحرارة تزيد سرعة الذرات فتعوق الإلكترونات أكثر وتزيد المقاومة.
- وفى بعض الموصلات عند خفض درجة الحرارة حتى قرب الصفر كلفن تنعدم المقاومة الكهربية ويصبح الموصل فائق التوصيل فمثلاً الزئبق يصبح فائق التوصيل عند درجة 4.2K
- المصباح الكهربى عندما يكون مضاء أى السلك ساخن متوهج مقاومته أكبر بكثير من مقاومته عند إطفاءه لأن سلكه يكون بارد.



العوامل التى يتوقف عليها المقاومة الكهربية:

أكبر مقاومة — أقل مقاومة

(الومنيوم) — (نحاس)

١- طول الموصل (L)
٢- مساحة مقطع الموصل (A)
٣- نوع مادة الموصل.
٤- درجة حرارة الموصل.

وعند ثبوت درجة الحرارة فإن مقاومة موصل ما تتوقف على الثلاث عوامل الأولى فقط.

أولاً: العلاقة بين مقاومة الموصل وطوله (L)، عند ثبوت باقى العوامل

وجد عمليًا أن: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2}$

(1) $R \propto L$ أى أن مقاومة الموصل تتناسب مع طوله طرديًا.

ثانيًا: العلاقة بين مقاومة الموصل ومساحة مقطعه (A)، عند ثبوت باقى العوامل

وجد عمليًا أن: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{A_2}{A_1}$

أى أن مقاومة الموصل تتناسب عكسيًا مع مساحة مقطعه $R \propto \frac{1}{A}$

ثالثًا: اختلاف مقاومة الموصل باختلاف نوع مادته عند ثبوت باقى العوامل

المقاومة النوعية لمادة موصل Resistivity

مقاومة الموصل تتناسب مع طوله

مقاومة الموصل تتناسب عكسيًا مع مساحة مقطعه

من (1)، (2) ينتج أن:

$R \propto L \rightarrow (١)$

$R \propto \frac{1}{A} \rightarrow (٢)$

$R \propto \frac{L}{A}$

$$R = \rho_e \times \frac{L}{A} = \rho_e \times \frac{L}{\pi R^2}$$

لأن الأسلاك معظمها أسطوانية مقطعها دائرى حيث ρ_e ثابت التناسب ويسمى "المقاومة النوعية لمادة الموصل" وتحسب من العلاقة وهى:

$$\rho_e = \frac{RA}{L}$$ أوم. متر

إذا كان الطول L بالمتر، مساحة المقطع A بالمتر المربع المقاومة R بالأوم. فإن ρ_e تقاس (أوم. متر).

تعريف المقاومة النوعية لمادة:

"هى مقاومة موصل من المادة طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع".

"المقاومة النوعية لمادة" خاصية فيزيائية لهذه المادة تتوقف على نوع المادة ودرجة الحرارة فقط.

التوصيلية الكهربية لمادة Conductivity

أو معامل التوصيل الكهربى لمادة (σ) هى مقلوب المقاومة النوعية للمادة.

والتوصيلة الكهربية لمادة تحسب من العلاقة

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{L}{RA}$$

تعتبر خاصية فيزيائية لهذه المادة.

وحد قياس التوصيلية الكهربية لمادة هى أوم $^{-1}$. متر $^{-1}$ = سيمنز. متر $^{-1}$

عند المقارنة بين مقاومة موصلين:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_{e1}}{\rho_{e2}} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{A_2}{A_1} = \frac{\rho_{e1}}{\rho_{e2}} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{\rho_{e1}}{\rho_{e2}} \times \frac{m_2}{m_1} \times \frac{L_1^2}{L_2^2} \times \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

حيث ρ_e المقاومة النوعية، ρ هى الكثافة لمادته m الكتلة.

معلومة إثرائية

التوصيلية الكهربية تختلف باختلاف نوع المادة وأكبر توصيلية هى للفضة ثم النحاس ثم الذهب ثم الألومنيوم ثم الحديد على الترتيب.

ما معنى قولنا أن: المقاومة النوعية للنحاس 1.6×10^{-8} أوم. متر.

أى أن مقاومة موصل من النحاس طوله واحد متر ومساحة مقطعه 1 متر٢ 1.6×10^{-8} أوم

• إعادة تشكيل موصل (مثل سحب السلك)

∵ حجم الموصل ثابت = المساحة x الطول =

$$\ell_1 A_1 = \ell_2 . A_2$$

حيث r نصف قطر مقطع السلك

$$\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

كتلة الموصل :

$$m = \rho.LA$$

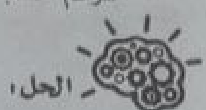
وتصبح العلاقة:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \times \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 = \frac{r_2^4}{r_1^4}$$



أمثلة

مثال ١: ساق معدنية طولها 2 متر وقطرها 8 مم احسب مقاومتها إذا كانت المقاومة النوعية للمعدن 1.76×10^{-8} أ... متر ثم احسب التوصيلية الكهربية لمادة الساق.



الحل:

$\therefore R = \rho_e \frac{L}{A} \quad , \quad A = \pi r^2$

$\therefore R = \frac{1.76 \times 10^{-8} \times 2}{3.14 \times (4 \times 10^{-3})2} = \frac{1.76 \times 10^{-8} \times 2}{3.14 \times 16 \times 10^{-6}} = 7 \times 10^{-4}$

$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{1}{1.76 \times 10^{-8}} = \frac{10^{8}}{1.76} = 5.7 \times 10^{7}$ أوم$^{-1}$ م$^{-1}$

مثال ٢: سلك من الألومنيوم قطره 2.59 مم كم يكون طول هذا السلك اللازم لعمل مقاوم 1 أوم، علما بأن المقاو... النوعية للألومنيوم = 2.8×10^{8} أوم متر.



الحل:

$\therefore R = \frac{L}{A} \rho_e \quad , \quad A = \pi r^2$

$\therefore R = \frac{R A}{\rho_e} = \frac{1 \times 3.14 (1.295 \times 10^{-3})^2}{2.8 \times 10^{-8}} = 188 \text{ m}$

مثال ٣: سلكان من نفس المادة طول الأول أربع أمثال طول الثانى وكتلة الثانى ضعف كتلة الأول فما النسبة بين مقاومتي...



الحل:

$m_2 = 2m_1$

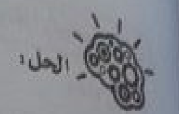
$\rho L_2 A_2 = 2\rho L_1 A_1$

$L_2 A_2 = 2 \times 4L_2 . A_1$

$A_2 = 8A_1$

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \times \frac{A_2}{A_1} = \frac{4}{1} \times \frac{8A_1}{A_1} = \frac{32}{1}$

مثال ٤: احسب التوصيلية الكهربية لمادة سلك يمر به تيار شدته 5 أمبير عندما كان فرق الجهد بين طرفيه 20 فولت علمًا بأن طول السلك 4 متر، ومساحة مقطعة 0.2 سم٢.

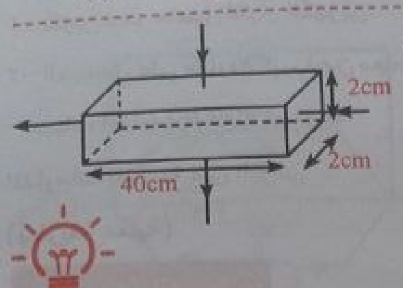


الحل:

لحساب التوصيلية الكهربية:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4\ \Omega$$

$$\sigma = \frac{1}{R\,A} = \frac{4}{4 \times 0.2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{4}$$ أوم$^{-1}$. م$^{-1}$



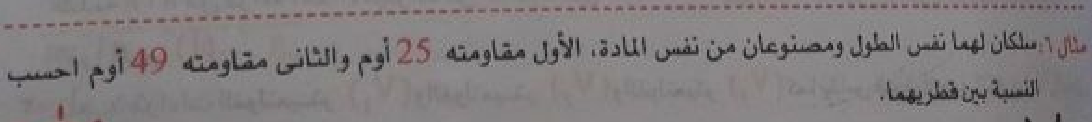
مثال ٥: قضيب من الحديد على هيئة متوازى مستطيلات بعدا مقطعه 2×2 cm وطوله 40cm كم تكون مقاومته وكم تكون مقاومته إذا كان فرق الجهد على المقطع الأكبر حيث (ρ_e) للحديد 10^{-7} أوم متر.

الحل:

أولاً: $R = \frac{\rho_e \cdot L}{A}$ $\therefore R = 1 \times 10^{-7} \times \frac{0.4}{4 \times 10^{-4}} = 10^{-4}\ \Omega$

ثانيًا: فى حالة توصيله بحيث يكون فرق الجهد على المقطع الأكبر مساحة $A = 40 \times 2CM^2$ فيكون الطول 2 cm.

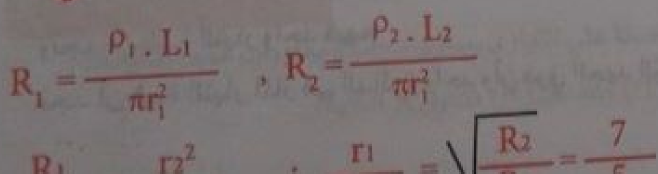
$$R = \frac{\rho_e \cdot L}{A} \quad \therefore R = 1 \times 10^{-7} \times \frac{2 \times 10^{-2}}{4} = \frac{10^{-6}}{4} = 2.5 \times 10^{-7}\ \Omega$$



مثال ٦: سلكان لهما نفس الطول ومصنوعان من نفس المادة، الأول مقاومته 25 أوم والثانى مقاومته 49 أوم احسب النسبة بين قطريهما.



الحل:



$$R_1 = \frac{\rho_1 \cdot L_1}{\pi r_1^2}, \quad R_2 = \frac{\rho_2 \cdot L_2}{\pi r_1^2}$$

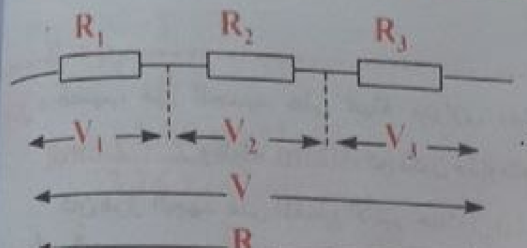
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad \therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = \frac{7}{5}$$



توصيل المقاومات:

توجد طريقتان لتوصيل المقاومات:

أولاً: توصيل المقاومات على التوالى Resistors in series:



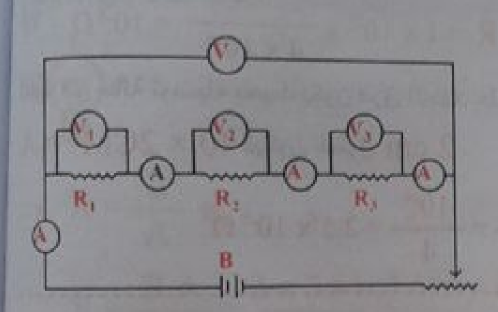
الغرض منه:

١- تكوين ممر متصل للتيار الكهربى.

٢- الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة المقاومات الصغيرة.

- حساب المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة على التوالى (بطريقة عملية)

طريقة التوصيل:



١- تدمج مجموعة المقاومات فى دائرة كهربية تشمل بطارية وريوستات وعدة أميترات ومفتاح وكلها متصلة على التوالى كما (بالشكل).

٢- نعدل الريوستات ليمر تيار مناسب فى الدائرة ونعين شدته (I)، من قراءة أحد الأميترات فى الدائرة التى تقرأ نفس (I).

٣- نأخذ قراءات الفولتميتر (V_1) والفولتميتر (V_2) والفولتميتر (V_3) كما يقاس فرق الجهد الكلى (V) بين طرفى المجموعة.

نجد أن: فرق الجهد الكلى = مجموع فروق الجهد على المقاومات وهذا يسمى قانون كيرشوف الثانى

ونجد أن شدة التيار واحد فيهم

$$I_{كلى} = I_1 = I_2 = I_3$$

نجد أن شدة التيار المار فى الدائرة واحد وأن فرق الجهد الكلى = مجموع فروق الجهد

$$\because V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$\therefore R = R_1 + R_2 + R_3$$

المقاومة المكافئة (على التوالى) = مجموع المقاومات.

وإذا كانت المقاومات متساوية على التوالى وقيمة كل منها (r) وعددها (N) وتكون المقاومة المكافئة هى: إحدى المقاومات × عددها $R = N . r$

- فى التوصيل على التوالى تكون شدة التيار ثابتة وفرق الجهد متغير عبر كل من المقاومات.

ثانيًا: توصيل المقاومات على التوازى Resistors in parallel:

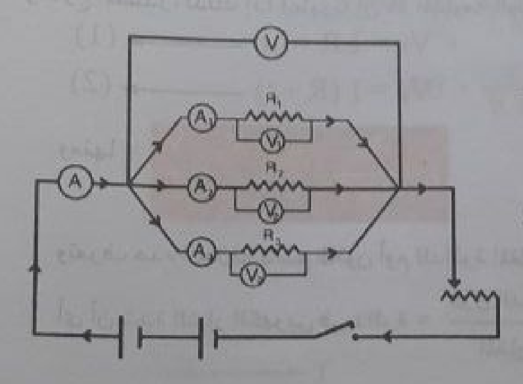
الغرض منه:

١- الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة من المقاومات الكبيرة.

٢- التيار يتجزأ فى المقاومات.

- حساب المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة على التوازى "بطريقة عملية".

طريقة التوصيل:



١- توصل الدائرة الموضحة بالرسم ونعدل الريوستات حتى يمر تيار مناسب فى الدائرة الرئيسية تقاس شدته من الأميتر نجد أن:

٢- نقيس شدة التيار فى كل فرع I_1, I_2, I_3

٣- نعين فرق الجهد الكلى بين طرفى مجموعة المقاومات المتصلة على التوازى بواسطة فولتميتر وليكن V من التجربة نجد أن: فرق الجهد واحد

∴ فرق الجهد (V) متساوى فى جميع المقاومات

ولكن التيار يتوزع بحيث يكون

$$\because I = I_1 + I_2 + I_3$$

لأن $I = \frac{V}{R}$

$$\therefore \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

∵ فرق الجهد متساويًا:

بالقسمة على (V):

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

أى أن مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات متصلة على التوازى يساوى مجموع مقلوبات هذه المقاومات.

إذا كانت المقاومات متساوية على التوازى وقيمة كل منها (r) وعددها (N) فتكون R الكلية:

$$\frac{1}{R} = \frac{N}{r}$$

$$R = \frac{\text{إحدى المقاومات}}{\text{عددها}}$$

$$R = \frac{r}{N}$$

فى حالة مقاومتان فقط على التوازى المقاومة الكلية تحسب من العلاقة:

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

فى التوصيل على التوازى فرق الجهد ثابت والتيار متغير عبر كل مقاومة

- نحسب فرق الجهد الكلى = التيار الكلى × المقاومة الكلية.

- حساب شدة التيار فى مقاومة من مجموعة مقاومات على التوازى.

ثم نحسب تيار كل مقاومة (تيار الفرع) = $\frac{\text{فرق الجهد الكلى}}{\text{مقاومة الفرع}}$

علل: توصل الأجهزة الكهربية فى المنزل على التوازى وذلك:

جـ: ١- حتى يكون فرق الجهد ثابت على كل الأجهزة فى المنزل.

٢- إذا تلف أحد الأجهزة يعمل الباقى.

قانون أوم للدائرة المغلقة:

حيث أن القوة الدافعة الكهربية لعمود V_B هى الشغل المبذول لنقل واحد كولوم فى الدائرة الكهربية كلها داخل وخارج المصدر، لذلك إذا اعتبرنا أن R المقاومة الخارجية، r المقاومة الداخلية للعمود أو البطارية فإن:



$$V_B = I.R + I.r \longrightarrow (1)$$

$$V_B = I(R + r) \longrightarrow (2)$$

ومنها =

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{V}{R} = \frac{V_B - V}{r}$$

وتعرف هذه العلاقة باسم قانون أوم للدائرة المغلقة.

أى أن شدة التيار الكهربى فى دائرة = $\frac{\text{فرق الدافعة الكهربية الكلية}}{\text{المقاومة الكلية للدائرة}}$

وتكون قراءة الفولتميتر والدائرة مغلقة (V) هو فرق الجهد بين طرفى البطارية = فرق الجهد عبر الدائرة الخارجية كلها

$$V_B = V + Ir$$

العلاقة بين القوة الدافعة لعمود V_B وفرق الجهد بين طرفيه V

(أ) فى حالة عدم مرور تيار كهربى فى العمود (مفتوحة) يكون $V = V_B$

(ب) فى حالة غلق الدائرة ومرور تيار كهربى (تفرغ الشحنة). $V_B = V + Ir$

من العلاقة (١) $\therefore V = V_B - I.r$

(جـ) إذا كانت البطارية تشحن بواسطة بطارية أخرى: $V = V_B + Ir$

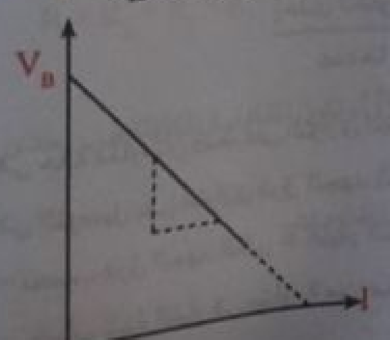
تعريف القوة الدافعة الكهربية لعمود V_B

- هى فرق الجهد بين طرفى البطارية عند عدم سحب تيار كهربى منها أى عند فتح الدائرة والبطارية.
- هى الشغل الكلى المبذول لنقل وحدة الشحن الكهربية داخل وخارج العمود.

نجد أن: كلما زادت المقاومة الخارجية يقل التيار المار فى البطارية فيزيد فرق الجهد بين طرفى البطارية.

العلاقة البيانية لفرق الجهد بين طرفى البطارية وشدة التيار المار

الميل = r- (المقاومة الداخلية للبطارية)



ملاحظات

١- من العلاقة $V = V_B - I.r$ نجد بزيادة المقاومة الخارجية R تقل شدة التيار فى الدائرة وبذلك يزيد فرق الجهد V وتسمى قيمة Ir الهبوط فى الجهد عبر البطارية أو فرق الجهد المفقود وتزيد كفاءة البطارية بنقص (r) لها.

٢- أكبر قيمة للقدرة فى المقاومة الخارجية فى الدائرة السابقة عندما تكون $R = r$

٣- كفاءة البطارية = $\frac{\text{القدرة الناتجة منها فى الدائرة الخارجية}}{\text{القدرة المعطاة (الداخلة)}} = \frac{IV}{I.V_B} = \frac{V}{V_B} \times 100$

٤- نسبة فرق الجهد المفقود داخل البطارية = $\frac{Ir}{V_B} \times 100 = \frac{r}{R+r} \times 100$

عندما تكون فى حالة تفريغ حيث الهبوط فى الجهد (Ir).

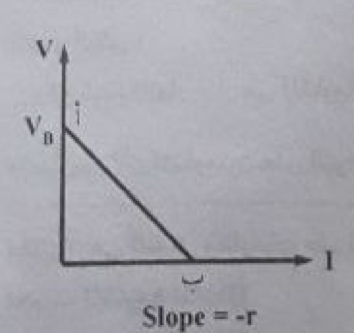
٥- العلاقة البيانية بين $V.I$ من القانون $V = V_B - I.r$

كلما قلت المقاومة الخارجية يزيد التيار فيقل

فرق الجهد بين طرفى البطارية حتى ينعدم

النقطة (أ) عندما يكون الدائرة مفتوحة $R = \infty$ الخارجة

النقطة (ب) عندما تكون R الخارجة = صفر تمثل أكبر تيار.



Slope = -r

٦- فرق الجهد بين طرفى بطارية = قوتها الدافعة فى حالتين:

(أ) عندما تكون المقاومة الداخلية مهملة $r = 0$

(ب) عندما تكون الدائرة مفتوحة أى عدم مرور تيار.

٧- متى تهمل المقاومة وتلغى من الدائرة:



(أ) إذا كان طرفى المقاومة يتصلان بسلك عديم (مهمل المقاومة).

(ب) إذا كان فرق الجهد بين طرفى المقاومة = صفر أى جهد الطرفين متساوى.

٨- توصيل الأعمدة الكهربية عددهم N، و ق.د.ك للعمود V_B

(أ) على التوالى:

$$I = \frac{N V_B}{R + Nr}$$

(ب) على التوازى

$$I = \frac{V_B}{R + \frac{r}{N}}$$

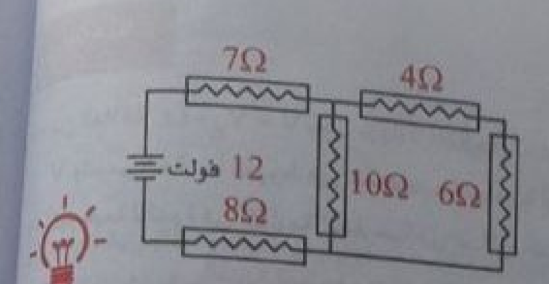
(جـ) على التضاعف فى صفوف وأعمدة حيث n عدد الأعمدة فى الصف الواحد z عدد الصفوف.

$$I = \frac{n.V_B}{R + \frac{nr}{Z}}$$

٩- سعة البطارية هى = شدة التيار × زمن التفريغ بالساعة = ... أمبير/ساعة



مثال ١: أوجد من الدائرة المبينة بالشكل شدة التيار الكهربى فى المقاومة 7 أوم والمقاومة 10 أوم مع إهمال المقاومة الداخلية للمصدر.



الحل:

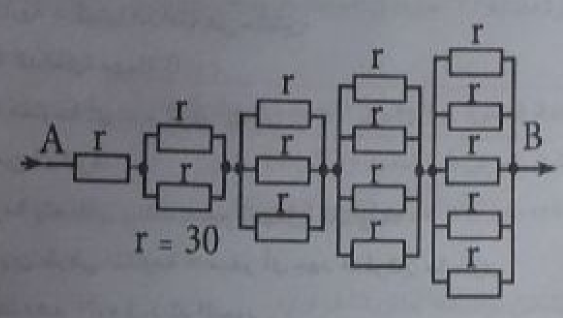
المقاومة المكافئة 4,6 أوم توالى = 10 أوم مع المقاومة 10 أوم توازى تكون المقاومة الكلية 5 أوم.

∴ المقاومة الكلية فى الدائرة: $R = 5 + 8 + 7 = 20\Omega$

التيار الكلى:

وهو شدة التيار المار فى المقاومة 7 أوم أى = 0.6 أمبير ينقسم التيار إلى قسمين متساويين لأن المقاومتين على التوازى متساويتان ∴ تيار المقاومة 10 أوم = $\frac{0.6}{2} = 0.3$ أمبير

مثال ٢: فى الشكل مقاومات متساوية كل منهم r موصلة معًا كما هو موضح فإذا كانت $r = 30$ احسب المقاومة المكافئة.

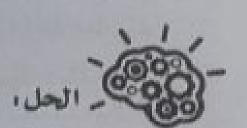


الحل:

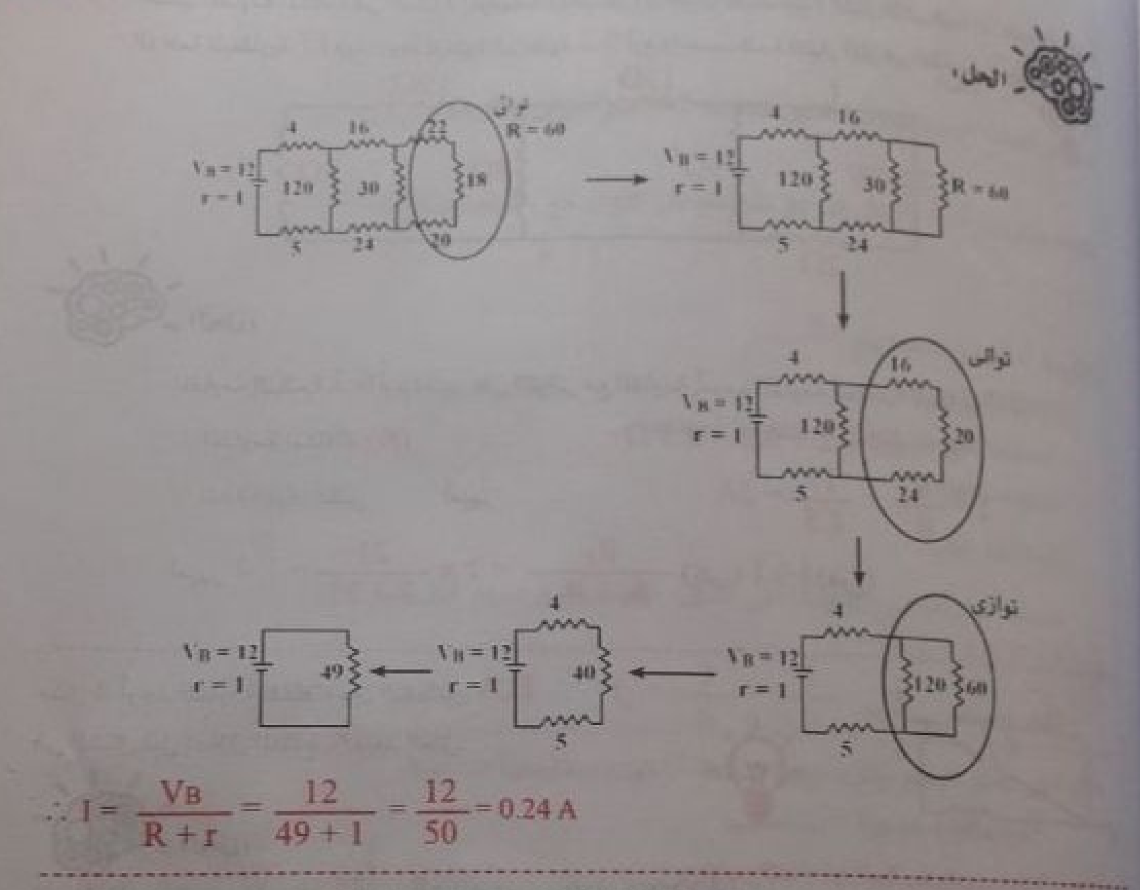
$$R = r + \frac{r}{2} + \frac{r}{3} + \frac{r}{4} + \frac{r}{5}$$

$$= 30 + 15 + 10 + 7.5 + 6 = 68.5\ \Omega$$

احسب المقاومة المكافئة للمقاومات فى الدائرة الموضحة ثم احسب التيار الكلى.



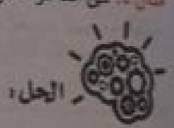




$$\therefore I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{12}{49 + 1} = \frac{12}{50} = 0.24\ A$$

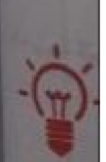
مثال 4: فى الدائرة الموضحة بالشكل احسب المقاومة الكلية المكافئة للمقاومات بين نقطة A,c





الحل:

نبدأ بالمقاومات 4,2 معًا على التوالى = 6 أوم ومع المقاومة 6 أوم توازى تصبح المقاومة لهم 3 أوم وتكون المقاومة الناتجة مع المقاومة 3 أوم توالى تصبح مقاومتهم 6 أوم وبذلك يكون بين نقطة C, B ثلاث مقاومتهم توازى كل منهم 6 أوم تصبح $R_1 = \frac{6}{3} = 2\Omega$ مع المقاومة 3 أوم بين (A, B) توالى فتصبح المقاومة الكلية 5 أوم



مثال ٥: احسب المقاومة المكافئة فى الدائرة الموضحة (بالشكل) واحسب كذلك شدة التيار الكلى فيها إذا علمت أن الق... الدافعة للبطارية 17 فولت ومقاومتها الداخلية 0.2 أوم واحسب شدة التيار المار فى المقاومة 9 أوم.

الحل:

المقاومة الناتجة 6.3 أوم تعتبر على التوالى مع المقاومة 2 ومع المقاومة الداخلية للبطارية 0.2

∴ المقاومة المكافئة (R)

$$R = 6.3 + 2 + 0.2 = 8.5\ \Omega$$

∴ شدة التيار الكلى

$$I = \frac{V}{R} = \frac{17}{8.5} = 2A$$ أمبير

$$I_{(فرع)} = I_{(كلى)} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2 \times \frac{21}{9 + 21} = 1.4$$ أمبير

مثال ٦: أوجد المقاومة المكافئة بين النقطتين B,A فى الشكل قبل إغلاق المفتاح K وبعد الغلق.

الحل:

١- والمفتاح مفتوح: مقاومتان 8 أوم ، 8 توازى تصبح المقاومة الكلية 4 أوم.

٢- والمفتاح مغلق: يمر التيار فى الطريق عديم المقاومة الذى به المفتاح ولايمر فى المقاومات لذلك تصبح المقاومة الكلية = صفر.

مثال ٧: احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموصلة فى الدائرة الموضحة بالشكل وكذلك شدة التيار الكلى بها والتيار I_1 الموضح بالشكل.

الحل:

بدءاً من القطب الموجب للبطارية فتكون المقاومة 2&4 على التوالى معًا وهما على التوازى مع المقاومة 3

$R_1 = \frac{6 \times 3}{9} = 2\Omega$

الثلاث مقاومات 3 ,2 ,6 على التوازى معًا وهم على التوالى مع R_1 وتصبح القيمة:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{6}{6} = \quad \therefore R = 1$$

$R_2 = 1 + 2 = 3\ \Omega$

والمقاومة 3,6 توازى محصلتهم = 2.

المقاومة الناتجة $R = 2 + 3 = 5\ \Omega$

المجموعة كلها على التوالى مع المقاومة 3 وبذلك.

المقاومة المكافئة = $Rt = 3 + 5 = 8\Omega$

شدة التيار الكلى $I = \frac{24}{8} = 3$ أمبير

لحساب التيار المار فى المقاومة 6 فى الشكل - نحسب فرق الجهد الكلى عبر الثلاث مقاومات.

$V = R.I = 1 \times 3 = 3$ فولت

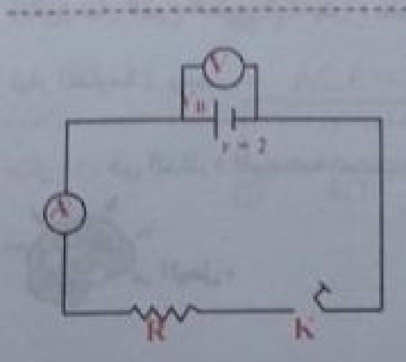
التيار يحسب $I_1 = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ أمبير

مثال ٨: فى الشكل الموضح بطارية قوتها الدافعة 12 فولت ومقاومتها الداخلية 2 أوم ومقاومة خارجية 6 أوم احسب:

١- فرق الجهد بين طرفى البطارية والمفتاح مفتوح.

٢- فرق الجهد بين طرفى البطارية والمفتاح مغلق.

٣- إذا استبدلت المقاومة الخارجية بأخرى 10 أوم احسب فرق الجهد بين طرفى البطارية.





الحل:

(١) والمفتاح مفتوح لا يمر تيار

$\therefore V = V_B = 12$ فولت

(٢) والمفتاح مغلق يمر تيار

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{12}{6 + 2} = 1.5\ A$$

$\because V = V_B - Ir = 12 - 1.5 \times 2 = 9$ فولت

(٣) نحسب شدة التيار ثانيا

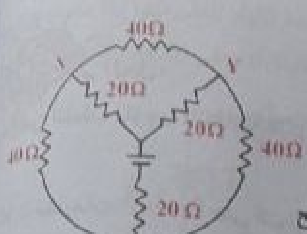
$$I = \frac{12}{10 + 2} = 1$$

$\therefore V = V_B - I.r = 12 - 1 \times 2 = 10$ فولت

أى يزيد فرق الجهد بين طرفى البطارية كلما زادت المقاومة الخارجية وتزيد كفاءتها.

مثال ٩:

احسب المقاومة المكافئة فى هذه الدائرة.



الحل:

النقطتان x , y لهما نفس الجهد فلا يمر تيار فى المقاومة 40Ω بينهما وتصلح المقاومة الكلية 60 , 60 توازى ثم معهم 20 توالى وتكون المقاومة الكلية $R_1 = 50\Omega$

مثال ١٠: فى الدائرة الموضحة بالشكل احسب شدة التيار فى المقاومة 1Ω

الحل:

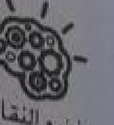
المقاومة 1 و 4 على التوازى تصبح $R_1 = \frac{1 \times 4}{5} = 0.8\Omega$

والناتج مع المقاومة 2.2 توالى تصبح

$R_2 = 2.2 + 0.8 = 3\Omega$

والناتج مع المقاومة 6 توازى تصبح المقاومة الكلية = 2

$I = \frac{12}{2} = 6A$



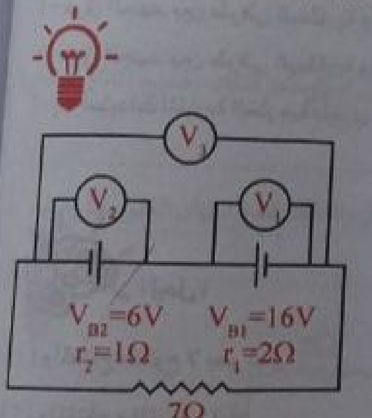


ويكون تيار الفرع العلوى 4A يتوزع على المقاومة 1 و 4

تيار المقاومة 1 يحسب : $I = 4 \times \frac{4}{5} = 3.2A$

مثال ١١: فى الدائرة الموضحة احسب قراءة الفولتميترات V_1, V_2, V_3

الحل:



$$I = \frac{V_{B1} - V_{B2}}{R + r_1 + r_2}$$

$$= \frac{16 - 6}{7 + 2 + 1} = 1A$$



البطارية الأكبر تفرغ

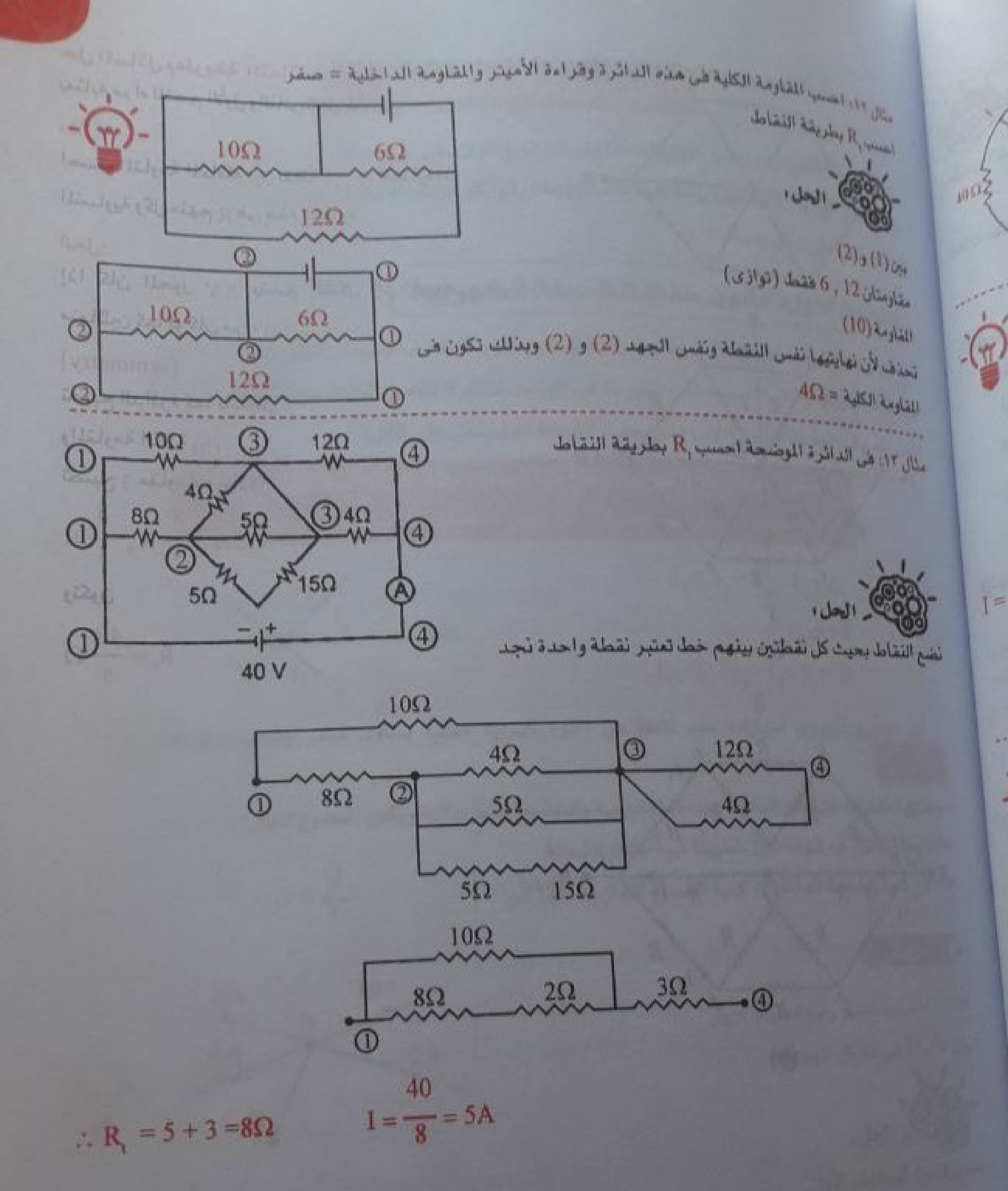
البطارية الأقل تشحن

$V_1 = V_{B1} - Ir = 16 - 1 \times 2 = 14V$

$V_2 = V_{B2} + Ir = 6 + 1 \times 1 = 7V$

$V_3 = 14 - 7 = 7V$

حل المسائل بطريقة النقاط: حيث يعتبر نقطتين نقطة واحدة إذا كان بينهما سلك عديم المقاومة.



مثال ١٢: احسب المقاومة الكلية فى هذه الدائرة وقراءة الأميتر والمقاومة الداخلية = صفر

احسب R_1 بطريقة النقاط

الحل:

بين (1) و (2)

مقاومتان 12 , 6 فقط (توازى)

المقاومة (10)

تحذف لأن نهايتيها نفس النقطة ونفس الجهد (2) و (2) وبذلك تكون فى

المقاومة الكلية = 4Ω

مثال ١٣: فى الدائرة الموضحة احسب R_1 بطريقة النقاط

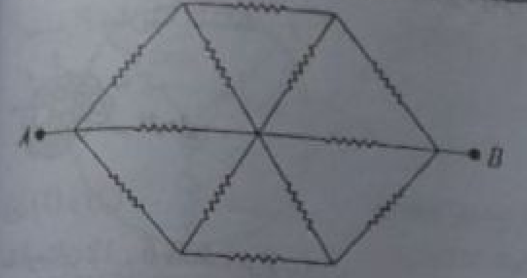
الحل:

نضع النقاط بحيث كل نقطتين بينهم خط تعتبر نقطة واحدة نجد

$$I = \frac{40}{8} = 5A$$

$$\therefore R_1 = 5 + 3 = 8\Omega$$

حل المسائل بطريقة التماثل، إذا كانت الدائرة بها مقاومات متماثلة فى الشكل والمقدار ويوجد تماثل أى خط يكون بمثابة مرآه للقسم الأول والثانى تحل كالآتى:



مثال ١:

احسب المقاومة المكافئة بين نقطة A , B للمقاومات المتساوية وكل منهم R فى هذه الدائرة

الحل:

إذا كان المحور XY يقسم الشكل إلى قسمين متماثلين كما لو كان مرآه (a)

[symmetry]

تصبح الدائرة كما بالشكل

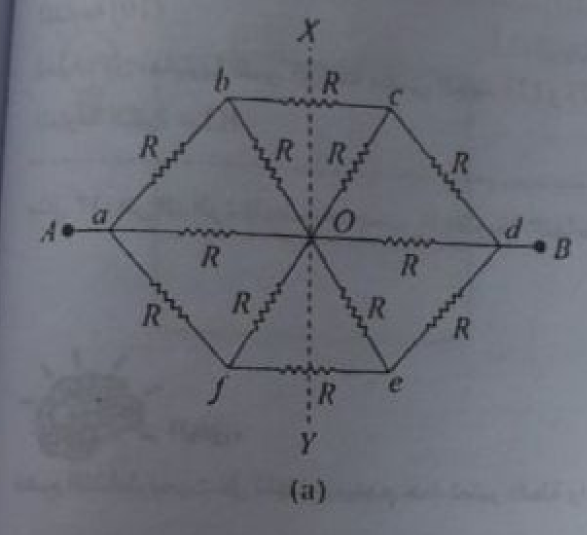
والمقاومة الكلية (b)

تصبح 3 مقاومات توازى

$$2R , \frac{8}{3}R , \frac{8}{3}R$$

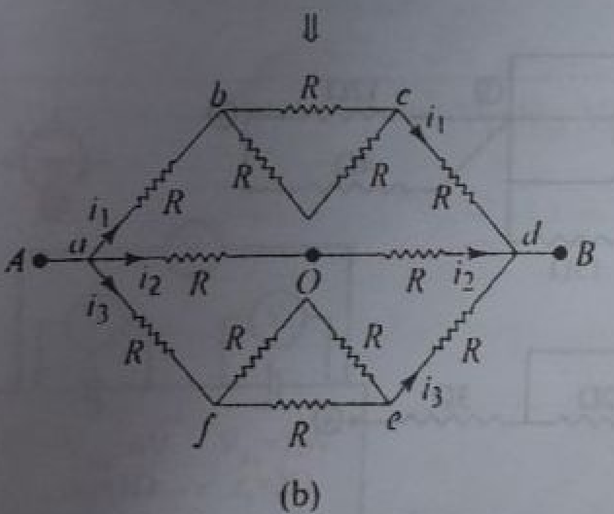
وتكون

$$R_t = \frac{4R}{5}\,\Omega$$



(a)

⇓



(b)

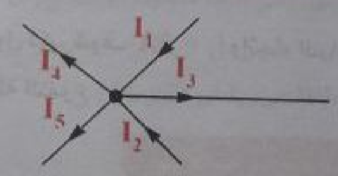
قانونا كيرشوف Kirchhoff law's

استخدمنا قانون أوم وتوصيل المقاومات معًا على التوالى والتوازى فى حل المسائل والدوائر الكهربية البسيطة - ولكن هناك دوائر كهربية أكثر تعقيدًا يوجد فيها أكثر من بطارية وأكثر من مسار يختلف فيها شدات التيارات ويصلح لهذه الدوائر قانونا كيرشوف وهما:

القانون الأول: "قانون حفظ الشحنة الكهربية"

التيار الكهربى هو سيل من الإلكترونات السالبة فى المواد الموصلة المعدنية وسريان التيار بسبب وجود فرق فى الجهد بين طرفى الموصل ولا تتراكم الشحنات الكهربية فى المواصل لذلك لا يشحن الموصل بسبب دخول التيار الكهربى فيه لذلك وضع كيرشوف (القانون الأول) قانون حفظ الشحنة الذى ينص على الآتى:

مجموع التيارات الكهربية الداخلة عند نقطة فى دائرة كهربية مغلقة يساوى مجموع التيارات الخارجة من نفس النقطة كما بالشكل نجد أن:



$$I_1 + I_1 = I_3 + I_4 + I_5$$

أو نكتب:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

أى المجموع الجبرى للتيارات عند نقطة فى دائرة كهربية مغلقة يساوى صفر وتكتب العلاقة الرياضية.

$$\Sigma I = 0$$

- ويمكن اعتبارات التيارات الداخلة عند نقطة موجبة والخارجة منها سالبة ويكون المجموع الجبرى = صفر.

علل يعتبر قانون كيرشوف الأول تطبيقًا لمبدأ حفظ الشحنة

جـ: لأن كمية الشحنة الداخلة = كمية الشحنة الخارجة منها لأن $I = \frac{Q}{t}$

أمثلة

مثال ١: احسب مقدار واتجاه شدة التيار بين B, A فى الشكل الموضح:

2A 10A A 6A 2A B

الحل:

حسب قانون كيرشوف الأول:

مجموع شدات التيارات الداخلة عند نقطة = مجموع شدات التيارات الخارجة منها

$$10 + 2 = 2 + 6 + 1$$

من A إلى B $I = 4A$ منها

مثال ٢: فى الشكل جزء من شبكة كهربية أوجد قيمة:

شدات التيار وإتجاهها I_1, I_2, I_3

الحل:

التيار الخارج من الشبكة يكون 9A الداخل لها

9 أمبير وبذلك يكون ، وتيار $I_2 = 4A$ أمبير وتيار $I_1 = I$ أمبير

وتيار $I_1 = 3$ أمبير

مثال ٢: (مصر ٢٠١٨) فى الشكل المقابل يوضح نقطة تفرع فى دائرة كهربية أوجد مقدار التيار I المار بنقطة (X) وحدد إتجاه التيار المار بنقطة (Y)

الحل:

من القانون الأول لكيرشوف $I_1 = 3A$ وإتجاه التيار المار بنقطة Y للخارج من نقطة التفرع

القانون الثانى: "قانون حفظ الطاقة"

عرفنا سابقًا أن تعريف فرق الجهد الكهربى بين نقطتين يقدر بمقدار الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الكهربية من إحدى النقطتين إلى الأخرى. $W = Q.V$ جول

والقوة الدافعة الكهربية لدائرة كهربية مغلقة تعبر عن الشغل أو الطاقة اللازمة لتحريك الشحنات الكهربية عبر الدائرة كلها مرة واحدة.

وفرق الجهد يحسب من العلاقة $V = I.R$

والشغل المبذول لنقل الشحنات الكهربية عبر مسار مغلق فى دائرة كهربية عبر عن ذلك بقانون كيرشوف الثانى الذى ينص على:

"المجموع الجبرى للقوى الدافعة (المحركة) الكهربية فى دائرة مغلقة يساوى المجموع الجبرى لفروق الجهد عبر الدائرة"

وتكتب الصيغة الرياضية: $\Sigma V = \Sigma I.R$

يسمى قانون كيرشوف الثانى قانون حفظ الطاقة لأن:

مجموع القوى الدافعة الكهربية وهى الطاقة المتحولة من التفاعلات الكيميائية فى البطارية إلى طاقة وضع لكل شحنة تكتسبها الشحنة وتتحرك على هيئة تيار كهربى وتساوى مجموع فروق الجهد وهى طاقة متحولة من وضع إلى شغل يبذل عبر المقاومات لذلك ينخفض الجهد عبرها.

تحول الطاقة الكيميائية ← طاقة وضع ← طاقة حركة ← شغل (طاقة حرارية فى المقاومات)

إرشادات لحل مسائل الدوائر الكهربية باستخدام قانونا كيرشوف الآتى:

١- ترسم الدائرة الكهربية ويفرض إتجاهات التيارات فى الأفرع وهى إتجاهات غير مؤكدة وبعد الحل إذا كان الإتجاه المفروض موجب يكون الفرض صحيح وإذا كان التيار سالب يكون الاتجاه عكس المفروض فى الفرع.

٢- يطبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة تفرع وهى نقطة تلاقى أكثر من تياران.

٣- تفرض مسار مغلق يبدأ من نقطة وينتهى عند نفس النقطة مع أو عكس إتجاه عقارب الساعة.

٤- يطبق قانون كيرشوف الثانى على كل مسار مغلق حسب عدد المجاهيل وإذا وافق التيار المفروض الاتجاه الموجب يكون موجب والمخالف له يكون سالب.

٥- إتجاه القوة الدافعة للبطارية تخرج من القطب الموجب. موجب ، سالب

٦- تكون عدد من المعادلات يساوى عدد المجاهيل ثم تحل المعادلات أنيا للحصول على المطلوب، بتوحيد معاملات أحد المجهولين ثم الجمع أو الطرح أو تحل بإستخدام الآلة الحاسبة وطريقة الآلة الحاسبة على موقع الوسام.

٧- فى الشكل:

a — I — R_1 — V_{B1} — R_2 — V_{B2} — R_3 — b

نكون:

البطارية التى تفرغ أى تغذى وتعطى طاقة فى إتجاه التيار تكون ق.د.ك لها موجبة والعكس البطارية التى تُشحن أى تستهلك طاقة تكون ق.د.ك لها سالبة ويكون الحل

$$V_a - IR_1 - V_{B1} - IR_2 + V_{B2} - IR_3 = V_b$$

$$\therefore V_a - V_b = V_{ab} = IR_1 + V_{B1} + IR_2 - V_{B2} + IR_3$$



الحل باستخدام الآلة الحاسبة:

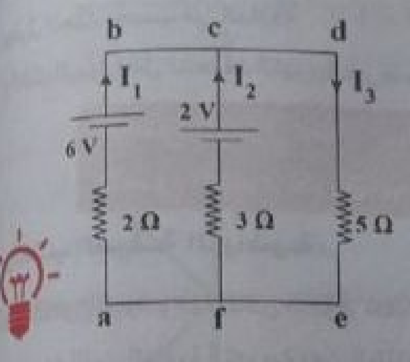
١- رتب المعادلات الثلاثة I_1 ثم I_2 ثم I_3 ثم = الثابت　　　٢- اضغط المفتاح Mode setup

٣- اختار (EQN) عن طريق الضغط على 5 .

٤- اختار المعادلة التى تحتوى على ثلاثة مجاهيل $(aX + bY + cZ = d)$ عن طريق الضغط على 2 .

٥- أدخل القيم $(d \& c , b , a)$ فى المصفوفة باستمرار الضغط على = بعد كل قيمة.

٦- استخرج قيم المجاهيل X & Y & Z الثلاثة اضغط على = بعد ظهور كل قيمة

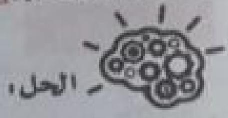


أمثلة على قانونا كيرشوف

مثال ٢: فى الدائرة الموضحة بالشكل احسب:

(أ) قيمة التيار فى كل فرع.

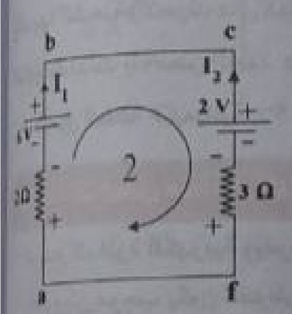
(ب) فرق الجهد بين a و b



الحل:

نطبق قانون كيرشوف عند نقطة (C)

$$I_1 + I_2 = I_3 \longrightarrow (1)$$



نطبق قانون كيرشوف الثانى على المسار (abcfa)

$$6 - 2 = 2I_1 - 3I_2 \longrightarrow (2)$$

نطبق قانون كيرشوف الثانى على المسار المغلق (cdefc)

$$2 = 3I_2 + 5I_3 \longrightarrow (3)$$

رتب المعادلات كالآتى وحلها باستخدام الآلة الحاسبة:

ثم بالضغط على MODE ثم نختار نظام (EQN) ثم ندخل معاملات كل حد ثم الضغط (=) وهكذا.

a		b		c		d
1	$I_1 +$	1	$I_2 +$	-1	$I_3 =$	0
2	$I_1 +$	-3	$I_2 +$	0	$I_3 =$	4
0	$I_1 +$	3	$I_2 +$	5	$I_3 =$	2

$I_1 = 1.226A$

$I_2 = -0.516A$

$I_3 = 0.71A$

الأشارة السالبة تعنى أن إتجاه التيار I_2 فى الإتجاه المعاكس للإتجاه كما بالشكل

للتأكد من الإجابة تحسب فرق الجهد عبر كل مسار V_{ab} , V_{fc} , V_{ed}

$$V_{ab} = V_B - I_1R = 6 - (1.226 \times 2) = 3.55V$$

أو

$$V_{ab} = V_B - I_2R = 2 - (-0.516 \times 3) = 3.55V$$

$$V_{ed} = 0.71 \times 5 = 3.55V$$

قراءة الفولتميتر بين الأطراف (ab) و (cf) و (de) ثابتة لأنهم على التوازى.

مثال ١٢: باستخدام قانونا كيرشوف احسب شدات التيار الكهربى فى الدائرة الموضحة بالشكل، ثم احسب القدرة المستنفذة فى الدائرة كلها.

الحل:

نفرض اتجاه التيارات كما بالدائرة الموضحة

نطبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة (b) $\Sigma I = 0$

$I_3 = I_1 + I_2$ ⟶ (1)

فى المسار المغلق (b c d e b) فى الاتجاه الموضح نطبق قانون كيرشوف الثانى

$\Sigma V = \Sigma IR \quad 6 = 5I_3 + 2.1I_2$ ⟶ (2)

فى المسار المغلق (b c d e b) تطبق القانون الثانى لكيرشوف

$12 = (3 + 1)\ I_1 + 5I_3$

$12 = 4I_1 + 5I_3$ ⟶ (3)

بالتعويض من (1) فى (3) $I_1 = I_3 + I_2$

$\therefore 12 = 4I_3 - 4I_2 - 5I_4$

$\therefore 12 = 9I_3 - 4I_2$ ⟶ (4)

بضرب المعادلة (2) فى 4 والمعادلة (4) فى 2.1 ثم الجمع

$24 = 20I_3 + 8.4I_2$

$25.2 = 18.9I_3 + 8.4I_2$

جمع

$49.2 = 38.9I_3$

منها $I_3 = 1.265A$

بالتعويض فى المعادلة 4 $I_2 = -0.154A$

والتعويض فى المعادلة 1 $I_1 = -0.1265 + 0.154 = 1.42A$

القدرة فى الدائرة كلها هى قدرة البطارية التى تفرغ أى المصدر الشاحن

$P_W = I_1 V_{B1} = 1.42 \times 12 = 17J$

مثال ٣: يمثل الشكل جزء من دائرة كهربائية احسب: I_2 , I_1

الحل:

تطبيق قانون كيرشوف الأول

$$I_1 = I_2 + 3 \longrightarrow (1)$$

فى المسار المغلق (a b c d a) تطبيق كيرشوف الثانى

$$12 + 4 = I_1 (5 + 4) - 2I_2$$

$$16 = 9I_1 - 2I_2 \longrightarrow (2)$$

بالتعويض من (1) عن قيمة I_1

$$16 = 9 (3 + I_2) - 2I_2$$

$$16 = 27 - 11I_2 \longrightarrow 11I_2 = 11 \qquad \therefore I_2 = 1A$$

بالتعويض فى (1)

$$I_1 = 3 - I_2 = 3 - 1 = 2A$$

مثال ٤:

فى الدائرة الموضحة بالشكل احسب:

١- شدة التيار المار فى كل بطارية وفى المقاومة 4Ω

٢- فرق الجهد عبر كل فرع وماذا تستنتج.

الحل:

فى البطارية V_{B1} يمر التيار من d إلى e والبطارية V_{B2} يمر التيار من f إلى c

لذلك تكون الإتجاهات كما هى موضحة بالدائرة

تطبيق قانون كيرشوف الأول عند نقطة f

$$I_2 = I_1 + I_3 \longrightarrow (1)$$

فى المسار المغلق (f c b a f) فى إتجاه عقارب الساعة

$$3 = (2 + 5) I_2 - 4I_3 \qquad \therefore 3 = 7I_2 - 4I_3 \longrightarrow (2)$$

فى المسار المغلق (f c b a f) فى إتجاه عقارب الساعة

$$3 + 2 = 7I_3 + I_1 \longrightarrow (3)$$

من المعادلة (1) $(I_3 = I_2 + I_1)$ فى المعادلة (2)

$$3 = 7I_2 + 4I_2 - 4I_1$$

بضرب المعادلة (3) فى 4 والجمع مع المعادلة 4

$$3 = 11I_2 - 4I_1 \longrightarrow (4)$$
$$20 = 28I_2 - 4I_1$$

جمع

$$23 = 39I_2 \qquad \therefore I_2 = 0.59A$$

والتعويض فى 4

$$3 = 11 \times 0.59 - 4I_1$$
$$\therefore 4I_1 = 3.487 \qquad \therefore I_1 = 0.87A$$
$$I_3 = I_2 - I_1 = 0.59 - 0.87 = -0.28A$$

ويكون إتجاه I_3 عكس المفروض فى الدائرة

ثانيًا فرق الجهد عبر ab

$$V_{(ab)} = I.R = 4 \times 0.28 = 1.13V$$

فرق الجهد عبر Fe

$$V_{fe} = 3 - 7 \times 0.59 = 1.13V$$

فرق الجهد عبر ed

$$V_{ed} = 2 - 0.87 \times 1 = 1.13V$$

الإستنتاج: وهذا يحقق فرق الجهد فى المسارات متساوى؛ لأنهم توازى معًا.

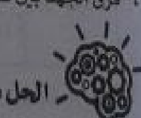
مثال ٥: فى الدائرة الموضحة بالشكل احسب:

١- تيار المقاومة 20Ω

٢- مقدار المقاومة R

٣- V_B للبطارية

٤- فرق الجهد بين ك، أ



الحل:

تطبيق كيرشوف الأول عند (ب)

$$I_1 = I_2 + I_3$$
$$I_1 = 0.25 + 0.2 = 0.45\,A$$

فى المسار المغلق (أ ب هـ أ)

$$14 = 0.25 \times 4 + 0.45 \times 20 + 0.25 \times R$$
$$14 = 1 + 9 + 0.25R \qquad \therefore R = 16\Omega$$

٣- نأخذ المسار المغلق (ب ر ك هـ ب) عكس عقارب الساعة

$$V_B = 0.2 \times 10 + 0.45 \times 20 + 0.2 \times 5 = 2 + 9 + 1 = 12\,V$$

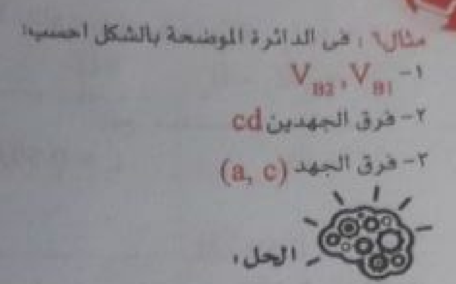
٤- حساب فرق الجهد بين (ك، أ) نأخذ مسار يبدأ من ك وينتهى عند (أ) المسار السفلى

$$V_{\text{كأ}} = 5 \times 0.2 - 16 \times 0.25 + 14 = 11\,V$$

ولو أخذنا المسار العلوى

$$V_{\text{كأ}} = 12 - 10 \times 0.2 + 4 \times 0.25 = 11\,V$$

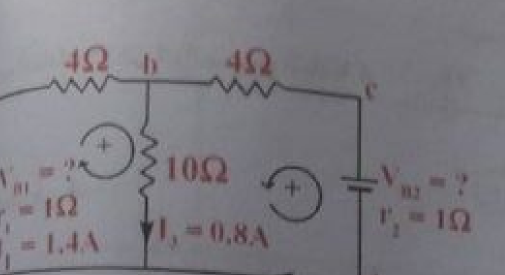
مثال٦ : فى الدائرة الموضحة بالشكل احسب:
١- V_{B2}, V_{B1}
٢- فرق الجهدين cd
٣- فرق الجهد (a, c)



الحل:

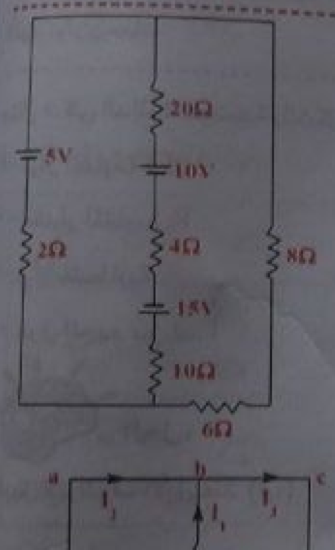
من تطبيق كيرشوف الأول عند e

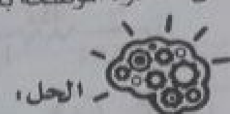
فى المسار المغلق (abefa)
فى المسار المغلق (bedcb) فى الاتجاه الموضح
(٢) فرق الجهد بين cd
(٣) فرق الجهد بين (a,c)



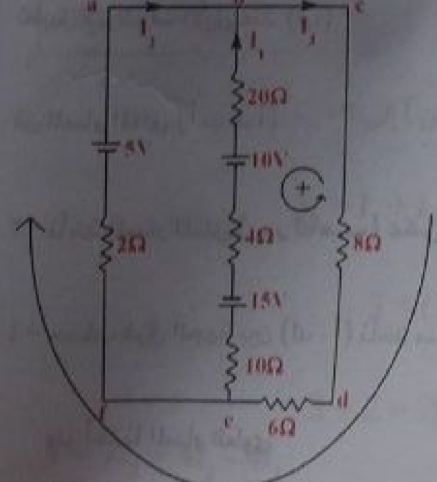
$$I_2 = I_1 - I_3 = 1.4 - 0.8 = 0.6A$$
$$V_{B1} = 1.4(4+1) + 0.8 \times 10 = 15V$$
$$V_{B2} = 0.8 \times 10 - (4+1) \times 0.6 = 5V$$
$$V(cd) = V_{B2} + I_2 r = 5 + 0.6 \times 1 = 5.6V$$
$$V(ac) = I_1 \times 4 + I_2 \times 4 = 4(1.4 + 0.6) = 8V$$

مثال (٧):
مستخدماً قانونا كيرشوف احسب شدات التيارات فى الدائرة الموضحة بالشكل:





الحل:



نفرض التيارات كما بالشكل عند نقطة b قانون كيرشوف الأول

$$I_1 + I_2 = I_3 \longrightarrow (1)$$

فى المسار (a c d e f a)

$$5 = 14I_2 + 2I_3 \longrightarrow (2)$$

فى المسار المغلق (b c d e b)

$$15 - 10 = -14I_3 - 34I_1$$
$$14I_3 + 34I_1 = -5 \longrightarrow (3)$$

بالتعويض من (1) فى 2

$$I_2 = I_3 - I_1$$
$$5 = 14I_3 + 2I_3 - 2I_1$$
$$\therefore 5 = 16I_2 - I_1 \longrightarrow (4)$$

بضرب المعادلة (4) فى 17 ثم الجمع مع 3

$$85 = 272I_3 - 34I_2$$
$$-5 = 14I_3 - 34I_2$$

جمع

$$80 = 286I_3 \qquad I_3 = 0.28A$$

بالتعويض فى 4

$$5 = 16 \times 0.28 - 2I_1$$
$$\therefore I_1 = -0.26A$$

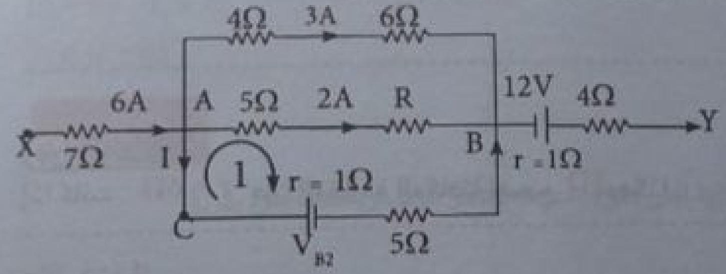
ولذلك يكون إتجاه التيار I_1 عكس ما هو مفروض

من 1

$$I_2 = 0.28 + 0.26 = 0.54A$$

مثال (٨): (الأزهر)

الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربية باستخدام قانونا كيرشوف احسب كلا من:

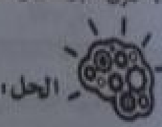


١- شدة التيار I

٢- المقاومة R

٣- ق. د.ك للبطارية V_{B2}

٤- فرق الجهد بين نقطة X. Y



الحل:

١- بتطبيق كيرشوف الأول عند A

$$6 = 3 + 2 + I \qquad \text{منها} \quad I = 1A$$

٢- فرق الجهد بين B.A

$$V_{AB} = 3(4 + 6) = 30V \quad \text{الفرع العلوى}$$

الأوسط $\quad \therefore 30 = 2\,(5 + R) \quad \therefore R = 10\Omega$

٣- نطبق كيرشوف على المسار المغلق (١)

$$V_{B2} = 2(5 + 10) - 1\,(5 + 1) = 30 - 6 = 24\ V$$

٤- فرق الجهد X. Y

$$V_{xY} = 6 \times 7 + 30 + 6 \times 5 - 12 = 102 - 12 = 90\ V$$

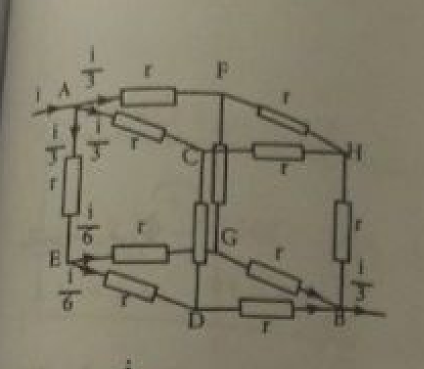
حل أخر:

$$V_x - 6 \times 7 - 2\,(5 + 10) - 6 \times 5 + 12 = V_x$$
$$V_x - 90 = V_y \qquad \therefore V_{xy} = 90V$$

مثال (٩):

فى الشكل مكعب كل ضلع مقاومته r

احسب المقاومة الكلية بين نقطة B،A



الحل:

فرق الجهد من أى مسار مغلق بين B،A ينخفض فى المسار ACDB ينقسم التيار عند A إلى $\frac{i}{3}$ ثم ينقسم كل منهم إلى $\frac{i}{6}$

$$\therefore iR = \frac{ir}{3} + \frac{ir}{6} + \frac{ir}{3} = \frac{5ir}{6}$$

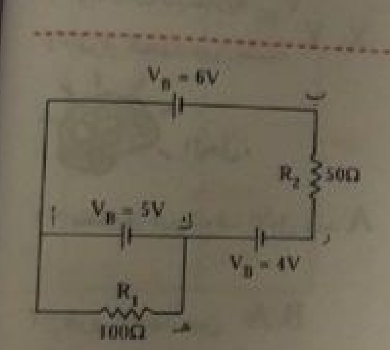
$$\therefore R = \frac{5}{6}r$$

ملحوظة:

إذا كانت $r = 6\Omega$ فإن المقاومة المكافئة تصبح 5Ω وهكذا.

مثال (١٠):

فى الدائرة الموضحة بالشكل أوجد شدة التيار إتجاهه فى كل من المقاومتين R_1 و R_2



الحـــل:

بإستخدام قانون كيرشوف فى المسار السفلى ضد عقارب الساعة (أ هـ ك أ)

$$5 = I_1R_1 \qquad \therefore I_1 = \frac{3}{100} = 0.05A$$

ويمر فى المقاومة من اليسار إلى اليمين (من أ إلى هـ).

فى المسار العلوى مع حركة عقارب الساعة (ب ر ك أ ب)

$$4 + 5 - 6 = I_2R_2 \qquad \therefore I_2 = \frac{3}{50} = 0.6A$$

ويمر فى المقاومة R_2 من (ب إلى ر).

مثال (١١): (عمان ١٥-٢٠) فى الدائرة الموضحة بالشكل إذا كانت قراءة الفولتميتر $10V$ احسب قيمة المقاومة R

الحل:

تطبق كيرشوف الثانى على المسار المغلق العلوى مع عقارب الساعة:

$45 - 50I_3 + 20 + 10 = 0 \quad \therefore 50I_3 = 75 \quad \therefore I_3 = 1.5A$

تطبق كيرشوف الثانى على المسار الكلى الكبير:

$20 + 10 - 30I_2 = 0 \quad \therefore 30I_2 = 30 \quad \therefore I_2 = 1A$

$I_1 = I_2 + I_3 = 1 + 1.5 = 2.5A$

باستخدام قانون أوم للدائرة المغلقة

$10 = 60 - I_1 \times R \qquad 10 = 60 - 2.5R$

$\therefore R = 20\Omega$

ملحوظة:

لحساب القدرة المستنفذة فى الدائرة:

(أ) نحسب القدرة الناتجة من البطاريات المغذية التى تفرغ «هى المصدر الشاحن فقط» عن طريق

$P_w = I V_B$

(ب) أو حساب القدرة المستنفذة فى الدائرة كلها عن طريق حساب القدرة فى المقاومات $= I^2R$ وكذلك فى المقاومات الداخلية للبطارية I^2r + القدرة التى تستهلك فى شحن البطارية التى تشحن $= IV$

نجد أن القدرة الناتجة = القدرة المستهلكة

التعليلات الهامة

الحقيقة العلمية	التعليل
١- تكون لقطعة معدنية على شكل متوازى مستطيلات أكثر من مقاومة فى نفس درجة الحرارة.	- وذلك حسب توصيل فرق الجهد على الوجهين المتقابلين فيكون لها مقاومة وعند توصيل فرق الجهد على وجهين أخرين متقابلين للقطعة يتغير الطول وكذلك مساحة المقطع فتكون لها مقاومة أخرى.
٢- توجد لموصل على هيئة متوازى المستطيلات أكثر من مقاومة بينما يوجد للمكعب مقاومة واحدة.	- لأن متوازى المستطيلات له أكثر من وجه يختلف كل منهما فى المساحة وكذلك يختلف الطول حسب طريقة التوصيل بينما المكعب فكل أوجه متساوية والطول ثابت عند أى طريقة للتوصيل.
٣- يوصل الأميتر على التوالى فى الدائرة بينما يوصل الفولتميتر على التوازى.	- حتى يمر فى الأميتر نفس التيار المار فى الدائرة حيث أن شدة التيار متساوية فى أجزاء الدائرة وفى حالة الفولتميتر لكى يكون فرق الجهد بين طرفى الفولتميتر مساوية لفرق الجهد المراد قياسه.
٤- توصل الأجهزة الكهربية فى المنزل على التوازى.	١- وذلك حتى إذا تلف جهاز أو مصباح تعمل باقى الأجهزة على نفس الجهد. ٢- حتى يكون فرق الجهد واحد بين طرفى كل منهما. ٣- لتقليل المقاومة الكلية فلا يتأثر التيار.
٥- القوة الدافعة لعمود تكون دائما أكبر من فرق الجهد بين طرفى دائرته الخارجية.	- يرجع ذلك إلى وجود مقاومة داخلية للعمود يستهلك فيها شغل لنقل الكهربية داخل العمود.
٦- تزيد مقاومة موصل بزيادة طوله.	- لأن زيادة الطول يعتبر توصيل على التوالى فتزيد المقاومة.
٧- تزيد مقاومة موصل برفع درجة حرارته.	- رفع درجة الحرارة يعمل على زيادة سعة إهتزاز الجزيئات وزيادة سرعة الجزيئات فتزيد إعاقتها لسريان الإلكترونات فيها.
٨- تزداد كفاءة البطارية كلما قلت مقاومتها الداخلية.	- حسب علاقة قانون أوم للدائرة المغلقة $V = VB - Ir$ كلما قلت المقاومة الداخلية (r) قل المقدار Ir أى يقل مقدار الشغل المفقود عند التشغيل.
٩- فى الدائرة الكهربية المتصلة على التوازى تستخدم أسلاك سميكة عند طرفى البطارية بينما تستخدم أسلاك رفيعة عند طرفى المقاومة.	- لأنه عند توصيل المقاومات توازى تقل المقاومة الكلية ويزيد شدة التيار الكلى عند طرفى البطارية يلزم لذلك سلك سميك وفى المقاومات يتجزأ التيار فيقل ولايحتاج سلك سميك بل يكفى سلك رفيع.

١٠- معامل التوصيل الكهربى للنحاس كبير.	- لأن المقاومة النوعية للنحاس صغيرة جدًا وكذلك النحاس عدد الإلكترونات الحرة فى وحدة الحجوم كبيرة جدًا عن الوصلات الأخرى.
١١- المقاومة النوعية تميز المادة.	- لأنها تتوقف على نوع المادة ودرجة الحرارة فقط.
١٢- يفضل إستخدام أسلاك من النحاس فى التوصيلات الكهربية.	- لأن المقاومة النوعية للنحاس صغيرة جدًا والتوصيلية الكهربية له كبيرة فتقل مقاومة الأسلاك المستخدمة.
١٣- لا يشحن سلك للكهرباء رغم دخول الإلكترونات إليه.	- حسب قانون كيرشوف الأول كمية الشحنة الداخلة عند نقطة فى دائرة كهربية تساوى كمية الشحنة الخارجة منها ولا تتراكم الشحنات فى السلك.

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وأجهزة القياس

2

المجال المغناطيسى لمغناطيس :

هو منطقة تحيط بالمغناطيس فى جميع الاتجاهات وتظهر فيها آثاره المغناطيسية وهى عبارة عن خطوط فيض - وهى خطوط لا تتقاطع معا - تخرج من القطب الشمالى وتدخل القطب الجنوبى فى حالة المغناطيس

كثافة الفيض المغناطيسى (B)

تتزاحم خطوط الفيض المغناطيسى فى المناطق التى فيها المجال المغناطيسى قوى مثل قرب القطبين المغناطيسيين لذلك فإن كثافة الفيض تعتبر مقياسًا لشدة المجال المغناطيسى وهى الفيض المغناطيسى لوحدة المساحات حول تلك النقطة وتقاس بوحدات : تسلا أو وبر/م².

مجال الأرض المغناطيسى :

الكرة الأرضية لها مجال مغناطيسى لأنه يعتبر داخلها مغناطيس كبير قطبه الشمالى فى نصف الكرة الجنوبى وقطبه الجنوبى فى النصف الشمالى ويتحلل مجال الأرض إلى مركبه أفقية دائمًا نحو الشمال وأخرى رأسية لأسفل أو لأعلى حسب المكان على الأرض.

معلومة إثرائية

توجد زاوية بين خط الزوال الجغرافى وخط الزوال المغناطيسى تختلف حسب المكان وينطبق الخطان فى مكان واحد فى الكرة الأرضية ويتغير دوريًا على أزمنة طويلة جدًا

الفيض المغناطيسى $(\phi)_m$

تعبر الفيض المغناطيسى عن العدد الكلى لخطوط الفيض الساقطة عموديًا على مساحة معينة، يقاس بوحدة الوبر.

العلاقة بين الفيض ϕ_m وكثافة الفيض B:

$$\phi_m = B.A \sin\theta$$

حيث θ الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض والمساحة.

مثال:

وضع قرص قطره 14 سم فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 5 تسلا . احسب الفيض الكلى المخترق للقرص فى الحالات الآتية، إذا كان القرص:

(أ) عموديًا.

(ب) موازيًا للخطوط.

(جـ) يصنع زاوية °30 مع الخطوط.

(د) إذا كان عموديًا ثم دار زاوية °30.

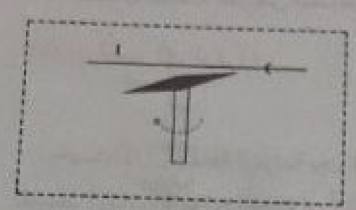


الحل:

(أ) $\phi = B.A = 5 \times \pi r^2 = 5 \times \frac{22}{7} \times 49 \times 10^{-4} = 7.7 \times 10^{-2}$ وبر

(ب) $\Gamma = 0$ (جـ) $\phi = B.A \sin 30 = 3.85 \times 10^{-2}$ وبر

(د) $\phi = B.A \sin 60 = 6.67 \times 10^{-2}$ وبر



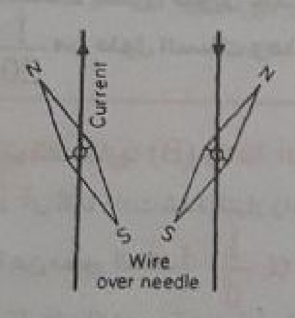
أولاً: التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى

المجال المغناطيسى للتيار الكهربى

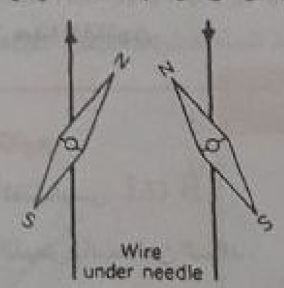
فى سنة ١٨١٩ اكتشف العالم الدانمركى أورستد أستاذ الفيزياء فى جامعة كوبنهاجن مصادفة أن للتيار الكهربى تأثير مغناطيسى ومجال مغناطيسى وذلك عندما وضع سلكًا يحمل تيارًا كهربيًا بحيث يكون موازيًا محور إبرة مغناطيسية صغيرة حرة الحركة فى مستوى أفقى وفوقها أو تحتها مباشرة ولاحظ انحراف البوصلة كما فى الشكل.

الاستنتاج:

إن للتيار الكهربى المار فى موصل مجالاً مغناطيسيًا.



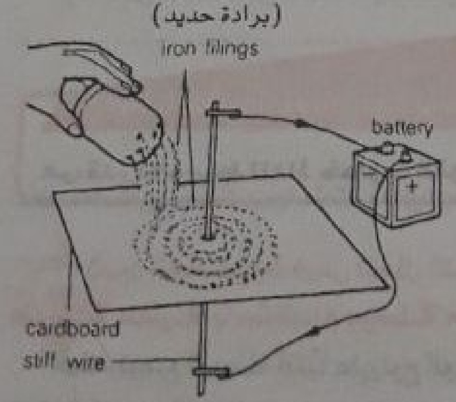
السلك فوق الأبرة المغناطيسية



السلك تحت الأبرة المغناطيسية

أولاً: المجال المغناطيسى لتيار كهربى يمر فى سلك مستقيم:
Magnetic Flux Due to a current in a straight wire

١- شكل خطوط الفيض المغناطيسى حول السلك:



الشكل يوضح لوحة أفقية من الورق المقوى ينفذ السلك المستقيم عند منتصفها رأسيًا وعندما تنثر برادة الحديد على اللوحة وتقفل الدائرة الكهربية ثم تطرق اللوحة برفق تترتب برادة الحديد على شكل دوائر منتظمة متحدة المركز مركزها السلك نفسه

خواص المجال المغناطيسي للسلك:

١- حلقات دائرية متحدة المركز مركزها السلك نفسه.

٢- تتزاحم خطوط الفيض المغناطيسي بالقرب من السلك وتتباعد كلما بعدت عن السلك.

٣- مستوى الحلقات يكون عمودياً على السلك.

٤- يزداد تزاحمها كلما زادت شدة التيار.

٢- حساب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بالقرب من السلك المستقيم من علاقة (قانون أمبير الدائري):

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

حيث (d) المسافة العمودية بين النقطة ومحور السلك بالمتر شدة التيار المار (I) بالأمبير (μ) النفاذية المغناطيسية للوسط (نفاذية الهواء والفراغ = $4\pi \times 10^{-7}$ ويبر/أمبير متر).

إذا كان السلك في الهواء:

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

معلومة إثرائية

السلك يكون طويل جداً (لا نهائي) أو أن تكون المسافة d أقل من $\frac{1}{20}$ من طول السلك وهذا شرط تطبيق هذا القانون.

- العوامل التي تتوقف عليها (B) كثافة الفيض لسلك مستقيم:

١- شدة التيار I أي كلما زادت شدة التيار زادت كثافة الفيض المغناطيسي. $B \alpha I$

٢- بعد النقطة عن محور السلك d أي تقل كثافة الفيض بالبعد عن السلك. $B \alpha \frac{1}{d}$

لذلك ينصح ببناء المساكن بعيدة عن خطوط الجهد العالي حفاظاً على الصحة العامة والبيئة من مخاطر المجالات المغناطيسية المتغيرة.

إذا ذكر نصف قطر السلك r يضاف إلى (d) وتصبح المسافة (d + r).

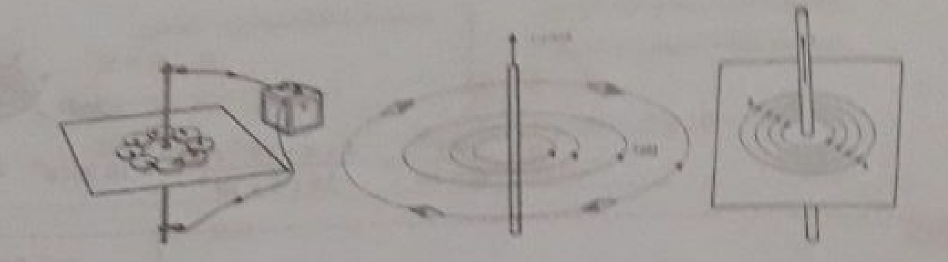
تعريف النفاذية المغناطيسية لوسط:

هي قدرة الوسط لنفاذ خطوط القوة المغناطيسية خلاله.

٣- تعيين اتجاه خطوط فيض المجال الناشئ عن مرور تيار كهربي في سلك طويل مستقيم. توجد عدة طرق منها:

طريقة عملية باستخدام بوصلة مغناطيسية صغيرة:

حيث توضع البوصلة أفقياً على لوح الورق المقوى بجوار السلك فيدل الاتجاه الذي يتخذه قطبها الشمالي على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي.



(أ) قاعدة اليد اليمنى لأمبير:



اجعل الإبهام عموديًا على باقى أصابع اليد اليمنى ويشير إلى اتجاه التيار الكهربى «الاصطلاحى» فى السلك فإن حركة باقى الأصابع وهى تقبض على السلك تحدد اتجاه خطوط الفيض كما بالشكل.

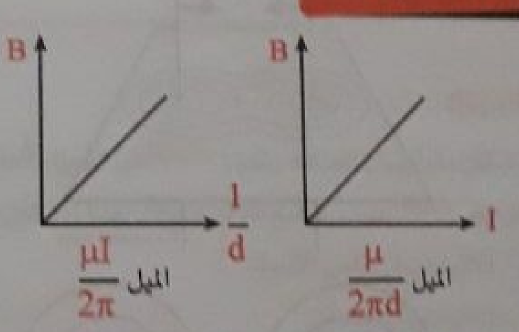
magnetic field direction

current

(ب) قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل:

عند دوران بريمة يمنى بحيث يشير اتجاه اندفاعها إلى اتجاه التيار فإن اتجاه الدوران لحلقاتها يحدد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى فى المجال.

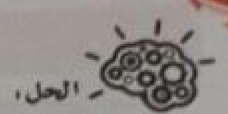
العلاقة البيانية



أمثلة

مثال (١):

سلك مستقيم طويل يمر به تيار كهربى شدته 40 أمبير أوجد كثافة الفيض عند نقطة تبعد 5 سم من السلك علمًا بأن نفاذية الهواء $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ وبر / أمبير متر.



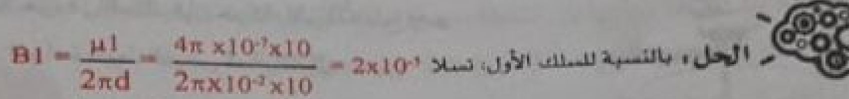
الحل:

$$B = \frac{\mu I}{d \times 2\pi} = \frac{4 \times \pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} = 16 \times 10^{-5} \text{ تسلا}$$

مثال (٢):

سلكان متوازيان البعد العمودى بينهما فى الهواء 20سم، يمر فى أحداهما تيار شدته 10 أمبير والثانى 40أمبير، احسب كثافة الفيض فى منتصف المسافة بينهما:

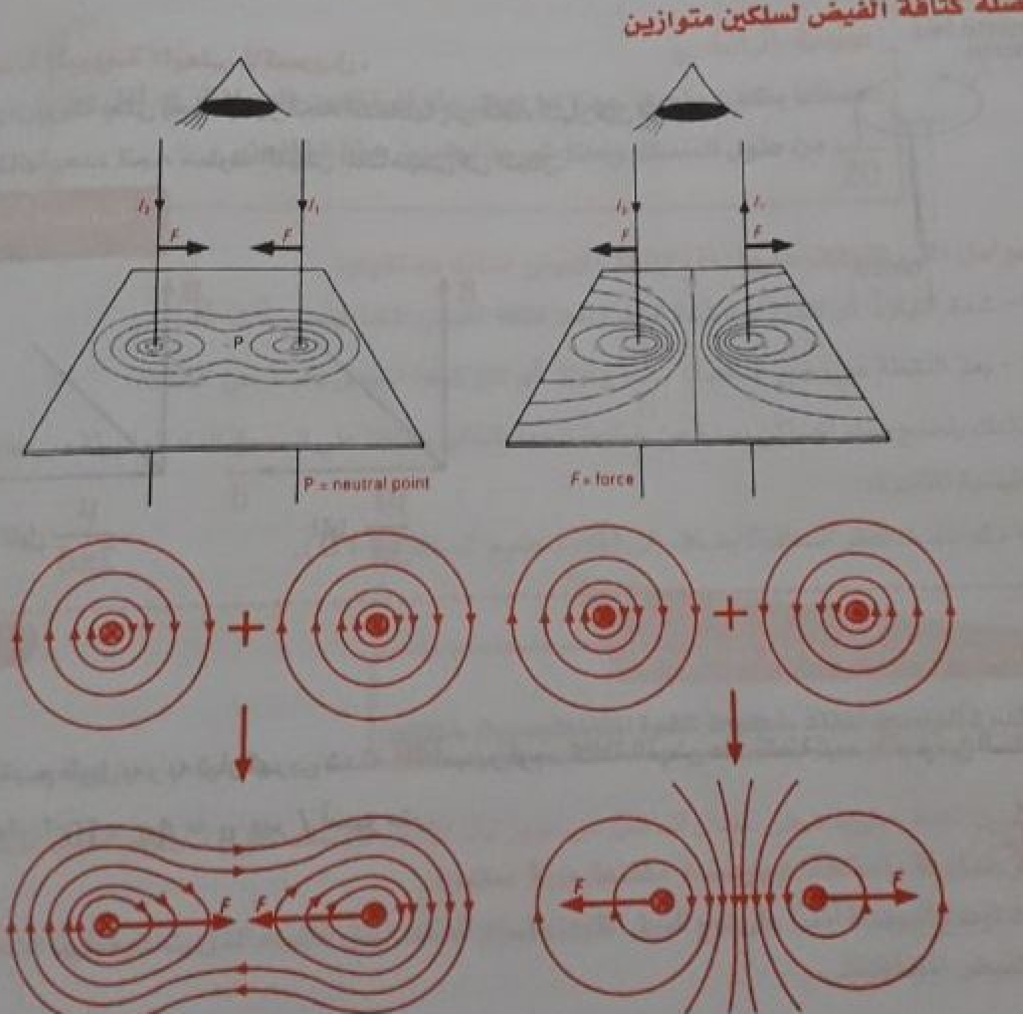
(أ) إذا كان التيار فى السلكين فى اتجاه واحد. (ب) إذا كان التيار فى السلكين فى اتجاهين متضادين.



الحل: بالنسبة للسلك الأول: $B1 = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 10^{-2} \times 10} = 2 \times 10^{-5}$ تسلا

بالنسبة للسلك الثانى: $B2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5}$ تسلا

محصلة كثافة الفيض لسلكين متوازين



بتطبيق قاعدة إبهام اليد اليمنى

محصلة كثافة الفيض = الفرق

$B = B_2 - B_1$

$B = 8 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-5}$

$B = 6\times10^{-5}$ تسلا

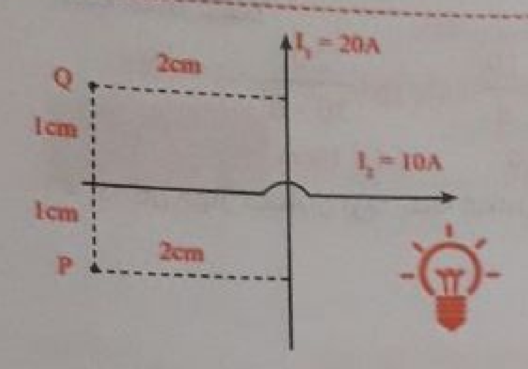
محصلة كثافة الفيض = المجموع

$B = B_2 - B_1$

$B = 8 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-5}$

$B = 6\times10^{-5}$ تسلا

مثال (٣):



(الأزهر ٢٠١٨) سلكان معزولان ومتعامدان يمر بهما تيار كهربى كما بالشكل احسب كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطتين (P , Q) فى نفس مستوى الورقة.



الحل:

عند نقطة Q المجالان فى نفس الاتجاه خارج الصفحة

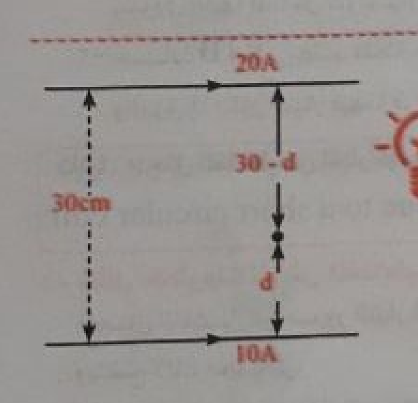
$$B_t = B_1 + B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{20}{2 \times 10^{-2}} + 2 \times 10^{-7} \frac{10}{10^{-2}} = 4 \times 10^{-4} T$$

عند نقطة P المجالان متضادان

$$B_t = B_1 - B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{20}{2 \times 10^{-2}} - 2 \times 10^{-7} \times \frac{10}{10^{-2}} = 0$$

أى تصبح نقطة P هى نقطة تعادل

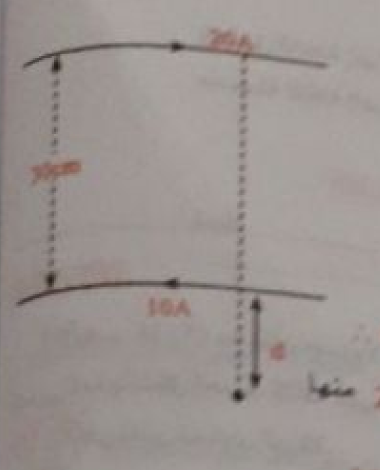
مثال (٤):



سلكان متوازيان المسافة بينهما 30cm فى الهواء أحدهما تيار 10A والأخر تيار 20A احسب موضع نقطة التعادل لهما إذا كان:

(أ) التياران فى نفس الاتجاه.

(ب) التياران متضادان.



الحل:

عند نقطة التعادل $B_1 = B_2$

إذا كان التياران فى نفس الاتجاه توجد نقطة التعادل بينهما

$\therefore B_1 = B_2$ $\quad \therefore 2 \times 10^{-7} \dfrac{10}{d} = 2 \times 10^{-7} \dfrac{20}{30 - d}$

منها $2d = 30 - d$ $\quad \therefore 3d = 30$ $\quad \therefore d = 10cm$

- إذا كان التيار متضادان توجد نقطة التعادل خارجهما جهة التيار الأقل

$B1 = B2$ $\quad \therefore 2 \times 10^{-7} \dfrac{10}{d} = 2 \times 10^{-7} \dfrac{20}{30 + d}$

$2d = 30 + d$ $\quad \therefore d = 30cm$

تبعد عن أحدهما 30 سم والأخر 60cm

ملحوظة:

١- فى حالة السلكين المتوازيين توجد نقطة التعادل بينهما إذا كان التيار فى نفس الاتجاه فيهما وتوجد خارجهما جهة التيار الأقل إذا كان التياران فى اتجاهين متضادين.

عند نقطة التعادل $B_1 = B_2$ ويتضادان فى الإتجاه وعندها يكون المجال المغناطيسى الكلى = صفر.

٢- اصطلح على رمز ⊙ إذا كان التيار عمودى على الصفحة للخارج منها أو المجال المغناطيسى ورمز ⊗ إذا كان عمودى عليها للداخل سواء تيار أو مجال مغناطيسى.

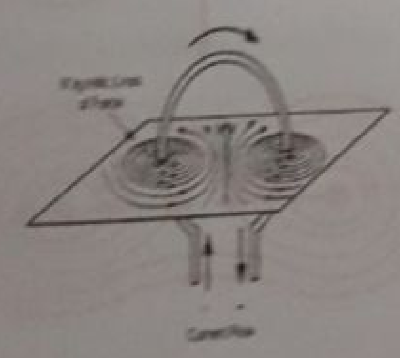
٣- حساب B الكلى عند نقطة خارج السلكين المتوازيين تكون المجموع $B_1 + B_2$ إذا كان التيار فى نفس الاتجاه والفرق إذا كان التيار فيهما فى اتجاهين متضادين.

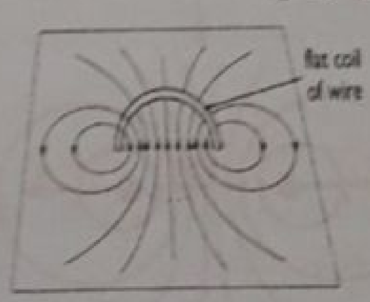
ثانيًا: المجال المغناطيسى لتيار كهربى يمر فى ملف دائرى:
Magnetic flux Due to a short circular coil

١- شكل خطوط الفيض المغناطيسية:

المجال الناشئ عن مرور التيار الكهربى فى هذا الملف يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لمغناطيس قصير. ويتضح ذلك مما يأتى:

تنثر برادة الحديد على لوحة من الورق المقوى التى يخترقها الملف الدائرى ثم تطرق لوحة الورق المقوى برفق فتترتب البرادة وتأخذ الشكل الموضح.





ومن الرسم نلاحظ :

(أ) خطوط الفيض المغناطيسى تفقد دائريتها وتصبح بيضاوية تزاح للخارج.

(ب) تختلف كثافة الفيض من نقطة إلى أخرى وتشبه مجال مغناطيس قصير على هيئة قرص

(جـ) خطوط الفيض عند مركز الملف الدائرى تكون مستقيمة متوازية أى أن المجال المغناطيسى فى هذه المنطقة (موازيًا لمحور الملف) ومنتظمة.

- محور الملف الدائرى هو خط مستقيم يمر بالمركز عموديًا على مستوى الملف.

٢- حساب كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف الدائرى المار به التيار الكهربى من العلاقة :

$$\therefore B = \frac{\mu NI}{2r}$$

حيث (N) عدد لفات الملف الدائرى (r) نصف قطر الملف الدائرى بالمتر.

كثافة الفيض تتناسب طرديًا مع شدة التيار (I) وتتناسب طرديًا مع عدد اللفات (N) وتتناسب عكسيًا مع نصف القطر (r)

حساب عدد اللفات $N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة الواحدة}} = \frac{L}{2\pi r}$

٣- تحديد اتجاه المجال المغناطيسى عند مركز ملف دائرى يحمل تيارًا كهربيًا :

عمليًا باستخدام بوصلة مغناطيسية صغيرة توضع أفقيًا عند مركز الملف الدائرى فيدل اتجاه قطبها الشمالى على اتجاه المجال المغناطيسى.

N S

قاعدة حركة عقربى الساعة :

انظر إلى وجه الملف وحدد اتجاه التيار المار فى الملف:

(أ) إذا كان التيار المار فى اتجاه حركة عقربى الساعة كان هذا الوجه يمثل قطبًا جنوبيًا (S)

(ب) إذا كان التيار الكهربى المار فى عكس اتجاه حركة عقربى الساعة كان هذا الوجه يمثل قطبًا شماليًا (N)

قاعدة البريمة اليمنى :

عند دوان البريمة اليمنى فى مركز الملف بحيث يشير اتجاه دورانها إلى التيار فى الملف فإن اتجاه إندفاعها هو اتجاه المجال عند المركز.

قاعدة اليد اليمنى لأمبير:

عند وضع أصابع اليد اليمنى تشير عند الفيض على الملف لإتجاه التيار فإن الأبهام يشير لإتجاه المجال.

B I

ملحوظة :

١- إذا كان الملفان مستواهما واحد ومركزهما مشترك وتيارهما فى نفس الاتجاه تكون كثافة الفيض عند المركز = المجموع.

٢- إذا كان الملفان متعامدان معًا تكون B الكلية فى المركز المشترك $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$

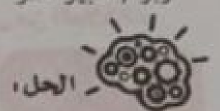
٣- إذا كان المجالان يلاش كل منهما الآخر يعنى أن المحصلة = صفر أى نقطة تعادل أى الأبرة لا تنحرف $B_1 = B_2$

أمثلة

مثال (١):

أوجد كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى نصف قطره 22سم وعدد لفاته 100لفة، ويمر به تيار كهربى شدته 35 أمبير علمًا بأن:

$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ وبر / أمبير. متر (هواء).



الحل،

$$B = \frac{\mu I N}{2r} = \frac{4 \times 22 \times 10^{-7} \times 35 \times 100}{7 \times 22 \times 10^{-2} \times 2} = 10^{-2} = 0.01 \text{ تسلا}$$

مثال (٢):

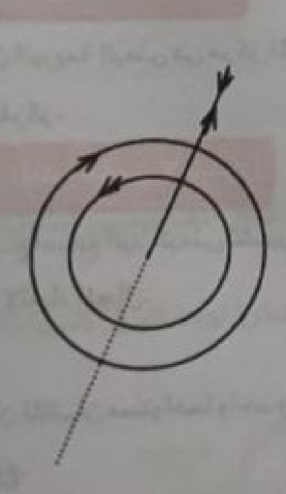
ملفان دائريان لهما مركز مشترك وفى مستوى واحد الأول عدد لفاته 14 لفة وقطره 22 والثانى عدد لفاته 28لفة ونصف قطره 5.5 سم، وصلا على التوالى بحيث يمر فيهما تيار كهربى فى إتجاهين متضادين، فتكون عنهما فى المركز المشترك مجال مغناطيسى كثافة فيضه 2.4×10^{-5} تسلا، احسب شدة التيار المار فيهما.

الحل،

الملفان لهما مركز مشترك، والتيار المار فيهما فى اتجاهين متضادين شدته واحدة فيهما.

∴ كثافة الفيض عند المركز المشترك:

= الفرق بين كثافتى الفيض لكل منهما.



$$B_1 = \frac{\mu I N}{2r} = \frac{4 \times 22 \times 10^{-7} \times 1 \times 14}{7 \times 2 \times 11 \times 10^{-2}}$$

$$B_1 = 8 \times 10^{-5} I$$

$$B_2 = \frac{4 \times 22 \times 10^{-7} \times 1 \times 28}{7 \times 2 \times 55 \times 10^{-3}} = 32 \times 10^{-5} I$$

$$B = B_2 - B_1 = 32 \times 10^{-5} \times I - 8 \times 10^{-5} I$$

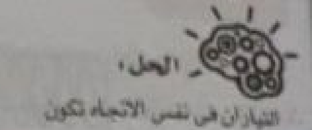
$$= 2.4 \times 10^{-5} = 24 \times 10^{-5} I$$

$$\text{(ومنها)}\ I = \frac{2.4 \times 10^{-5}}{24 \times 10^{-5}} = 0.1 \text{ أمبير}$$

مثال (٣):

(الأزهر ٢٠٠٠) ملفان دائريان متحدا المركز فى مستوى واحد وقطر الأول ضعف قطر الثانى يمر بكل منها نفس التيار فى نفس الاتجاه وكان B للخارجى، B_1 الداخلى - وعندما إنعكس تيار أحدهما قلت كثافة الفيض الكلى فى المركز المشترك إلى النصف احسب النسبة بين عدد لفاتها:





الحل:

التياران فى نفس الاتجاه تكون $B_t = B_1 + B_2$

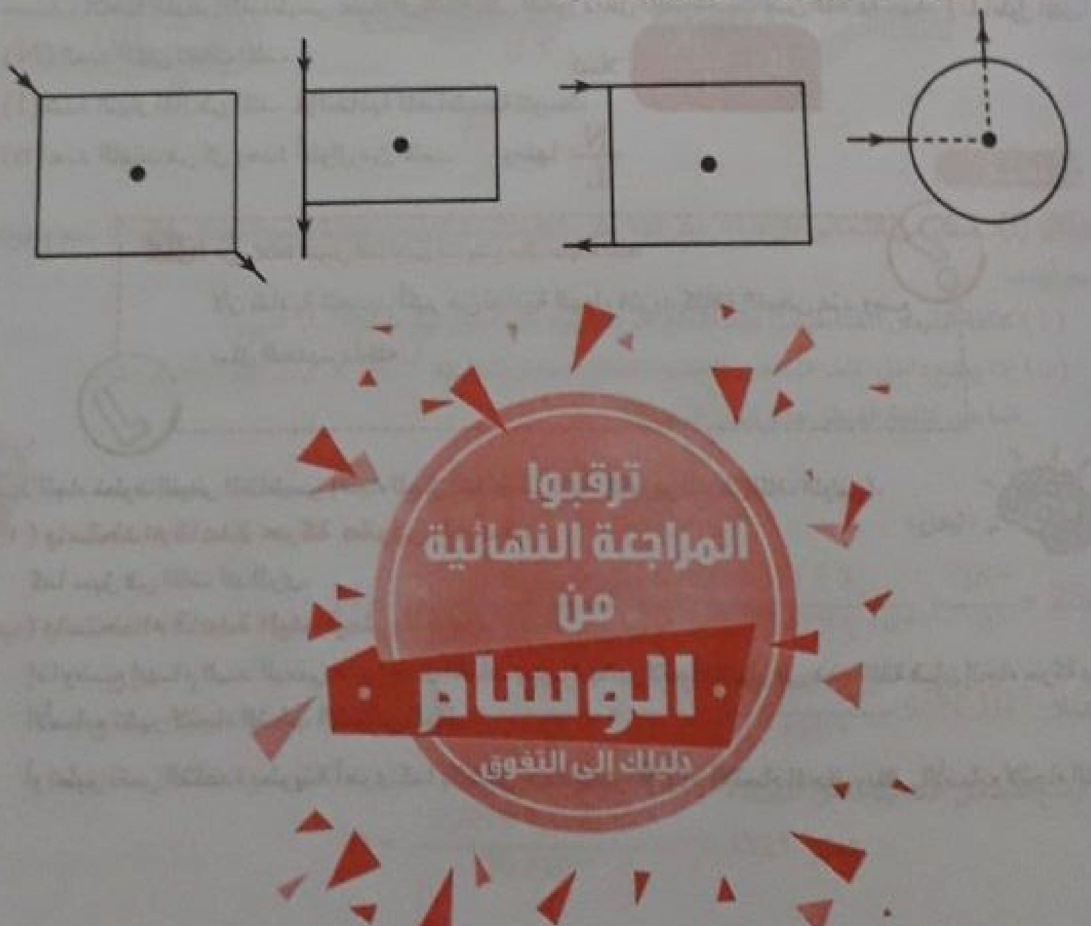
عندما ينعكس تيار أحدهما تكون $B_t = B_2 - B_1$

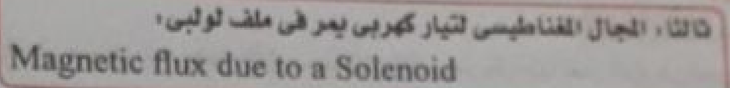
$$B_1 + B_2 = 2(B_2 - B_1) = 2B_2 - 2B_1$$

$$\therefore 3B_1 = B_2 \qquad \therefore 3 \times \frac{\mu I N_1}{2 \times 2r} = \frac{\mu I N_2}{2r}$$

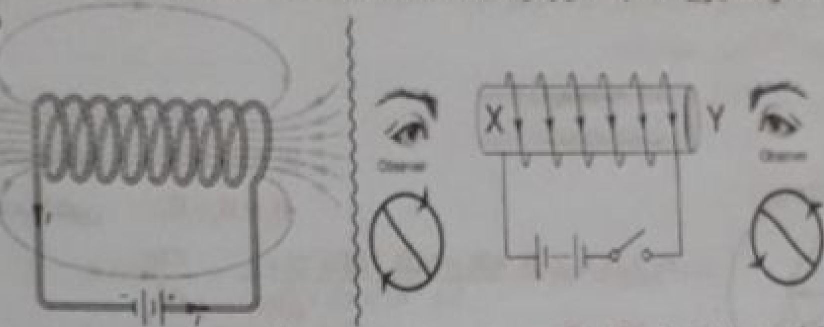
$$\therefore \frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{3}$$

ملحوظة: أى شكل منتظم دائرى - مربع - مستطيل - مثلث متساوى الأضلاع. عندما يدخل التيار من ركن أو من نقطة ويخرج من نقطة أخرى تكون (B) فى المركز = صفر.





عند قفل الدائرة الكهربية كما بالشكل يمر التيار الكهربى فى الملف اللولبى ويتولد المجال المغناطيسى الموضح بالرسم



١- شكل خطوط الفيض المغناطيسية لمجال الملف اللولبى الذى يحمل تيارًا.

(أ) المجال المغناطيسى للملف اللولبى خارج الملف يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى.

(ب) داخل الملف وبالقرب من محور الملف يكون خطوط الفيض على هيئة خطوط متوازية (مجال منتظم) (إذا استثنينا المنطقة القريبة من طرفيه).

محور الملف اللولبى: هو المستقيم المار بين مركزى دائرتى أول وآخر لفه.

٢- حساب كثافة الفيض المغناطيسى عند أى نقطة على المحور داخل الملف تحسب من العلاقة حيث (L) طول الملف

(N) العدد الكلى للفات الملف

$$B = \frac{\mu IN}{L}$$ تسلا

(I) شدة التيار المار فى الملف μ النفاذية المغناطيسية للوسط

(n) عدد اللفات فى كل وحدة أطوال من الملف. ومنها $\frac{N}{L}$

علل: تزيد كثافة الفيض للف لولبى عند وضع ساق حديد داخله.

لأن نفاذية الحديد أكبر من نفاذية الهواء فتزيد كثافة الفيض عند وضع ساق الحديد داخله.



٣- تحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى (اتجاه المجال المغناطيسى للتيار الكهربى المار فى الملف اللولبى).

(أ) باستخدام قاعدة حركة عقربى الساعة.

كما سبق فى الملف الدائرى.

(ب) باستخدام قاعدة اليد اليمنى لأمبير.

إذا وضع إبهام اليد اليمنى على إحدى اللفات بحيث يشير لاتجاه التيار فى هذه اللفة فإن إتجاه حركة باقى الأصابع تشير لاتجاه القطب الشمالى للملف.

أو تطبق نفس القاعدة بطريقة أخرى كما بالشكل حيث يشير الإبهام الإتجاه المجال وباقى الأصابع لاتجاه التيار

(جـ) قاعدة البريمة اليمنى:

كما سبق فى الملف الدائرى:

N S

ملحوظة

١. إذا أبعدت لفات الملف الدائرى عن بعضها بإنتظام يتحول الى ملف لولبى وتظل عدد اللفات وشدة التيار كما هى وتكون: $\frac{L_{\text{لولبى}}}{2r_{\text{دائرى}}} = \frac{B_{\text{دائرى}}}{B_{\text{لولبى}}}$

٢. إذا كان ملفان لولبيان لهما محور مشترك واحد يمر بهما تياران

فى نفس الاتجاه تكون $B = B_1 + B_1$

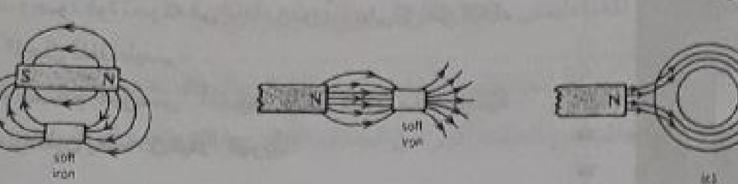
فى عكس الاتجاه $B = B_1 - B_1, B_1 > B_2$

٣. الملف اللولبى يختلف عن الحلزونى فى الشكل وهنا المجال مع اللولبى وليس الحلزونى

حلزونى لولبى

ملحوظة

النفاذية المغناطيسية للحديد كبيرة لذلك يسهل مرور خطوط الفيض فى الحديد عن الهواء فتجمع الخطوط فى الحديد وتركزها كما بالشكل.



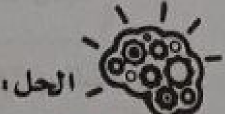
أمثلة

مثال (١): سلك من النحاس طوله 11 متر لف على شكل ملف لولبى من طبقة واحدة نصف قطره 7 سم وطوله 20 سم أوجد:

(ا) كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة على محوره عند مرور تيار شدته 0.7 أمبير.

(ب) إذا وضع داخل الملف قلب من الحديد المطاوع معامل نفاذيته 2.2×10^{-3} وبر / أمبير متر، فما هى كثافة الفيض عند نفس النقطة؟





الحل:

$$N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{طول محيط اللفة } (2\pi r)} = \frac{11 \times 7}{2 \times 22 \times 7 \times 10^{-2}} = \frac{10^{-2}}{4} = 25 \text{ لفة}$$

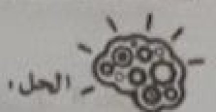
$$B = \frac{\mu I N}{L} = \frac{4 \times 22 \times 10^{-7} \times 0.7 \times 25}{20 \times 7 \times 10^{-2}} = N\ 10^{-5} \text{ تسلا}$$

عند وضع قلب من الحديد داخل الملف.

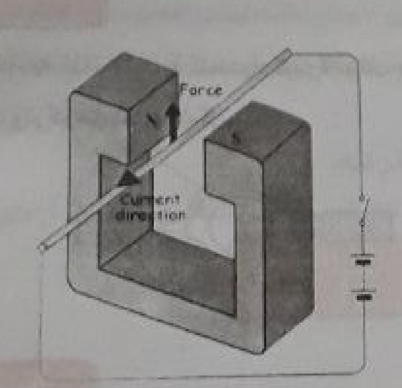
$$B = \frac{22 \times 10^{-4} \times 0.7 \times 25}{20 \times 10^{-2}} = 0.1925 \text{ تسلا}$$

مثال (٢):

(أولمبياد ٢٠٠٨) سلك معزول قطره 0.2cm لف حول ساق من الحديد نفاذية 2×10^{-3} وبر/أمبير.متر بحيث كانت اللفات متماسة معًا على طول الساق فإذا مر به تيار شدته 5A احسب كثافة الفيض فى المحور:



الحل:



$L = N \times 2r$

$$B = \frac{\mu I N}{\ell} = \frac{\mu I N}{N \times 2r} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 5}{2 \times 0.1 \times 10^{-2}} = 5T$$

القوة التى يؤثر بها مجال مغناطيسى على سلك يمر به تيار كهربى موضوع فى هذا المجال (ظاهرة الموتور) Force on conductor in a Magnetile Field

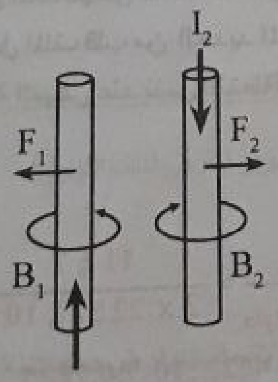
تجربة لتوضيح حركة السلك (للأطلاع)

- إذا وضعنا سلك مستقيم حر الحركة كما بالشكل بين قطبى مغناطيسى فإن السلك عندما يمر به تيار كهربى يتحرك وتتطلب حركة السلك وجود قوة تحركه فى اتجاه عموديًا على كل من اتجاه التيار واتجاه المجال المغناطيسى.

وقد اكتشف العالم الفرنسى "أمبير" وجود قوى مغناطيسية متبادلة بين موصلين يحملان تيارًا كهربيًا.

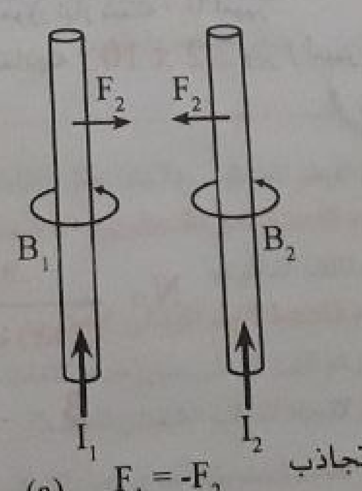
(أ) قوى تجاذب عندما يكون اتجاه التيار فى الموصلين المتوازيين واحدًا كما فى الشكل أ:

(ب) قوى تنافر عندما يكون التيار فى الموصلين المتوازيين فى اتجاهين متضادين كما فى الشكل ب (وسوف يأتى تفسير ذلك).



(b) $F_1 = -F_2$

تنافر

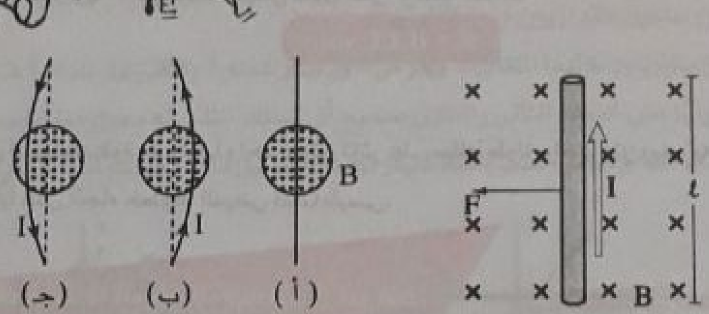


(a) $F_1 = -F_2$ تجاذب

قاعدة اليد اليسرى لفلمنج لتحديد إتجاه حركة السلك فى المجال:

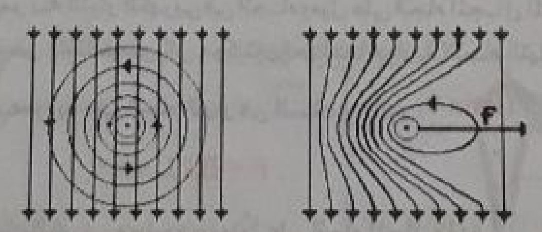
اجعل أصابع اليد اليسرى الثلاثة الوسطى والسبابة والإبهام متعامدة على بعضها البعض واجعل الوسطى يشير إلى اتجاه التيار الكهربى والسبابة تشير إلى اتجاه الفيض المغناطيسى فيكون الإبهام مشيرًا إلى اتجاه حركة السلك.

المجال
المجال
التيار
التيار
الحركة
الحركة



تفسير حدوث القوة التى يؤثر بها المجال المغناطيسى على سلك يمر به تيار كهربى موضوع عموديًا على إتجاه المجال المغناطيسى. (للإطلاع) **معلومة إثرائية**

عندما يوضع السلك به تيار كهربى فى مجال مغناطيسى منتظم كما بالشكل والسلك له مجال مغناطيسى عبارة عن حلقات دائرية نجد أن المحصلة فى جانب من السلك أكبر من الجانب الآخر وبذلك يتحرك السلك من المجال الأكبر جهة المجال الأقل كما بالشكل.



العوامل التى تتوقف عليها القوة المؤثرة على سلك يحمل تيارًا كهربيًا موضوع عموديًا على مجال مغناطيس (F)

١- طول السلك (L) القوة (F) تتناسب طرديًا مع طول السلك. $F \alpha L$
عند ثبوت كل من B,I

٢- شدة التيار الكهربى (I) : عند ثبوت كل من B,L تتناسب القوة (F) تناسبًا طرديًا مع شدة التيار الكهربى المار فى السلك $F \alpha L$

٣- كثافة الفيض المغناطيسى (B) $F \alpha B$
تتناسب القوة (F) تناسب طرديًا مع كثافة الفيض المغناطيسى عند ثبوت كل من L,I
مما سبق

$\therefore F \alpha BIL$

$F = Const \times B.I.L$

ويمكن جعل قيمة المقدار الثابت يساوى الوحدة إذا اتخذت وحدة كثافة الفيض المغناطيسى بحيث تولد قوة تساوى واحد نيوتن على سلك طوله واحد متر ويحمل تياراً كهربياً شدته واحد أمبير.

نيوتن $F = B.I.L$

وحدة كثافة الفيض هى:
"التسلا تكافئ (وبر / م٢) وتكافئ "نيوتن / أمبير متر".

إذا كان السلك يصنع زاوية θ مع إتجاه الفيض تكون القوة حسب العلاقة

$$F = B.I.L \sin\theta$$

التسـلا:

هى كثافة الفيض التى تولد قوة مقدارها واحد نيوتن تؤثر على سلك طوله واحد متر ويمر به تيار كهربى شدته واحد أمبير وموضوع عمودياً على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى.

تعريف كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة:

من العلاقة: نيوتن / أمبير متر $B = \frac{F}{IL}$

تقدر (عدديا) بالقوة بالنيوتن التى تؤثر على سلك طوله واحد متر ويمر به تيار كهربى شدته واحد أمبير وموضوع عموديا على اتجاه خطوط الفيض عند تلك النقطة.

ملحوظة:

١- عندما يكون السلك الذى يمر به التيار الكهربى فى اتجاه يميل على اتجاه المجال المغناطيسى بزاوية (θ) كما بالشكل وعندئذ يمكن تحليل كثافة الفيض المغناطيسى إلى مركبتين إحداهما موازية لاتجاه التيار فى السلك وتساوى $(B\cos\theta)$ وهذه لا تؤثر على السلك والأخرى عمودية على اتجاه التيار فى السلك وتساوى $(B\sin\theta)$ وهى المؤثرة نيوتن

$$\therefore F = B.I.L \sin\theta$$

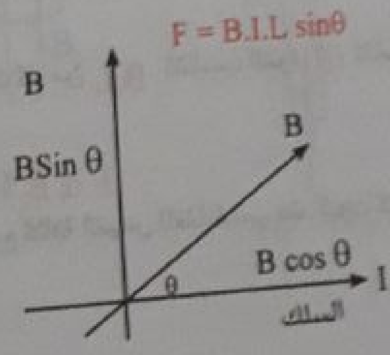
٢- إذا كان السلك الذى يحمل التيار الكهربى موضوع عمودياً على إتجاه المجال فإن:

$\theta = 90°$ $\sin\theta = 1$ $\therefore F = B.I.L$

٣- إذا كان السلك الذى يحمل التيار الكهربى موضوع موازيا للمجال.

$\theta = 0$ $\therefore \sin\theta = 0$ $\therefore F = 0$

$$F = B.I.L \sin\theta$$



$F_1 = B_2 . I_1 . L$

$= \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi d} \times I_1 . L$

∴ القوى على السلك الأول

بالتعويض عن B_2

وهى القوة المتبادلة بينهما

$$F_1 = \frac{\mu_\circ I_1 I_2 L}{2\pi d} \text{ نيوتن}$$

وهى نفس القوة لو اعتبرنا مجال الأول يؤثر على الثانى نحصل نفس النتيجة.

إذا كان السلكان فى الهواء

$$F = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2 L}{d} \text{ نيوتن}$$

ملحوظة:

القوة المتبادلة بين السلكين إذا كان التياران فى إتجاهين متضادين يحدث تنافر وإذا كان التياران معا فى نفس الاتجاه يحدث تجاذب وذلك بسبب تطبيق قاعدة فلمنج لليد اليسرى.

أو التياران فى إتجاهين متضادين تكون محصلة المجال بينهما كبيرة والخطوط تتزاحم وخارجهما المجال متضاد تكون المحصلة صغيرة والخطوط المتزاحمة تضغط على السلكين يحدث تنافر للخارج.

هام: أثبت أن (أ) التسلا = فولت. ثانية /م٢ = أوم. كولوم /م٢.

(ب) الوبر = جول. ثانية / كولوم = أوم كولوم = فولت. ثانية.

الإثبات:

(أ) التسلا = $\frac{\text{نيوتن}}{\text{أمبير.م}} = \frac{\text{جول}}{\text{أمبير.م٢}} = \frac{\text{فولت. كولوم}}{\text{أمبير.م٢}} = \frac{\text{فولت. ثانية}}{\text{م٢}}$

وكذلك من $\frac{\text{فولت. كولوم}}{\text{أمبير.م٢}} = \frac{\text{أوم. كولوم}}{\text{م٢}}$

(ب) الوبر = تسلا م٢ = $\frac{\text{نيوتن. م٢}}{\text{أمبير.م}} = \frac{\text{جول}}{\text{أمبير}} = \frac{\text{جول. ثانية}}{\text{كولوم}}$ = فولت. ثانية

وكذلك من $\frac{\text{جول}}{\text{أمبير}} = \frac{\text{فولت. كولوم}}{\text{أمبير}}$ = أوم. كولوم.موضوع عموديًا يمر به تيار شدته واحد أمبير تساوى 0.4 نيوتن.



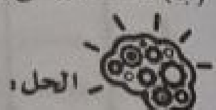
مثال (١):

سلك طوله 50سم ويمر فيه تيار شدته 4أمبير وضع السلك فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 5 تسلا ، احسب القوة التى تؤثر على السلك فى كل من الحالات الآتية:

(أ) السلك موضوع عموديًا على إتجاه المجال المغناطيسى.

(ب) السلك يميل على اتجاه المجال المغناطيسى بزاوية 30.

(جـ) السلك موضوع بحيث يكون موازيًا للمجال المغناطيسى.



(أ) $F = B.I.L = 5 \times 4 \times 50 \times 10^{-2}$ $\therefore F = 10\ (N)$

(ب) $F = B.I.L \times \sin\theta = 10 \times \sin 30$ $F = 10 \times \frac{1}{2} = 5 (N)$

(جـ) $F = Zero$

مثال (٢):

سلكان أ ، ب متوازيان والمسافة بينهما 15سم، يمر فى السلك (أ) تيار شدته 4أمبير ويمر فى السلك (ب) تيار شدته 8أمبير، احسب القوة المؤثرة على سلك ثالث (س) موضوع بينهما بحيث يبعد عن الأول مسافة 5سم ويمر به تيار شدته 2أمبير وطوله 120سم.

أولاً: إذا كان التياران فى السلكين أ، ب فى اتجاه واحد.

ثانيًا: إذا كان التياران فى السلكين أ ، ب فى اتجاهين متضادين.



8A | 2A | 4A
10 سم | 5 سم
ب | س | أ

أولاً: $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$

$= 1.6 \times 10^{-5}$ سلا

$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 10 \times 10^{-7}} = 16 \times 10^{-6}$ تسلا

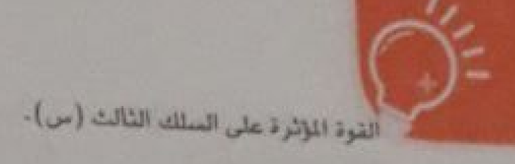
$\therefore B_1 = B_2$

سلة كثافتى الفيض = الفرق = $B_1 - B_2$ = صفر.

على السلك (س) = صفر.

محصلة كثافتى الفيض = المجموع = $(B1 + B2)$

$B = 16 \times 10^{-6} \times 2 = 32 \times 10^{-6}$



القوة المؤثرة على السلك الثالث (س).

$F = BIL = 32 \times 10^{-6} \times 2 \times 120 \times 10^{-2} = 768 \times 10^{-7}\ N$

حل آخر:

يمكن عن طريق حساب القوة بين السلكين تحسب قوة السلك أ على س وقوة السلك (ب) على س ثم نجمع أو تطرح القوتان حسب نوع إتجاه القوى وهذا هو الحل الأفضل.

مثال (٣):

(مصر ٢٠١٠) الشكل الموضح ثلاث أسلاك متوازية س ، ص ، ع طولهما المتقابل واحد متر يمر فيهم تيارات 10A , 8A , 5A على الترتيب فى نفس الاتجاه والسلك الأوسط (ص) يبعد عن كل من س ، ع مسافة 5cm احسب القوة المؤثرة على السلك ص.

1 متر | 10A | 8A | 5A | F_2 | F_1 | 5cm | 5cm | ع | ص | س



الحل:

السلك ص يتأثر بقوتان متضادتان من كل من س ، ع لأن كل منهم يجذبه بقوة

$$F = F_2 - F_1 = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d} - \frac{\mu I_3 I_2 L}{2\pi d}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-7} \times 1}{5 \times 10^{-2}} [10 \times 8 - 5 \times 8] = 16 \times 10^{-5} N$$

ويتحرك جهة السلك (ع)

الأفضل فى الحل أن تحل كما سبق ولكن هناك حل عن طريق حساب B عند موضع السلك ص ثم نعوض فى القانون $F = B.IL$ (هذا حل غير صحيح فى بعض الحالات)

مثال (٤):

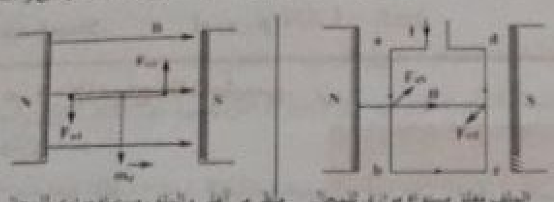
فى المثال السابق احسب القوة على السلك س

الحل:

$$F = F_1 + F_2 = 2 \times 10^{-7} \left[\frac{8 \times 5}{5 \times 10^{-2}} + \frac{10 \times 5}{10 \times 10^{-2}}\right] = 6 \times 10^{-5} N$$

القوة والعزم المؤثران على ملف مستطيل يمر فيه تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى

إستنتاج العزم: نفرض وجود ملف مستطيل abcd كما بالشكل مستواه يوازى خطوط الفيض المغناطيسى والملف قابل للحركة أى معلق حر الحركة.



الملف معلق مستواه موازى للمجال — منظر من أعلى والملف مستواه موازى للمجال

نجد أن الضلعين cd,ab عموديان على المجال يتأثران بقوتان بينما الضلعان bc,ad موازيان للمجال القوة عليهما = صفر.

∴ القوة على الضلعين الرأسيين cd,ab حيث يتأثر كل منهما بقوة $F = B.IL_{ab}$

والقوتان متساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه وبينهما مسافة وهى طول الضلع ab أو bc لذلك يعملان معًا إزدواج يعمل على دوران الملف حول محوره.

عزم الازدواج = إحدى القوتين × البعد العمودى بينهما.

$$\tau = B.I.\ L_{ab} \times L_{bc}$$

$$\tau = B.I.A.$$

وحيث أن المساحة $A = L_{ab}.L_{ab}$ = الطول × العرض

واذا كان عدد اللفات N

$$\tau = B.I.A.N$$

نيوتن . متر

$$\tau = B\,|\overrightarrow{md}|$$

حيث يسمى المقدار $|\overrightarrow{md}|$ عزم ثنائى القطب المغناطيسى وهى كمية متجهة واتجاهها عموديًا على المساحة A إتجاه عزم ثنائى القطب لأى ملف يمر به تيار هو إتجاه المجال فى محور الملف أى يعتمد فقط على إتجاه التيار ويحدد بقاعدة البريمة اليمنى أو قاعدة أمبير لليد اليمنى حيث تشير الأصابع لإتجاه التيار والأبهام لإتجاه عزم ثنائى القطب ويقاس بوحدة نيوتن. متر / تسلا = أمبير.م٢.

١- إذا كان مستوى الملف موازيًا للفيض يكون العزم قيمة عظمى.

$$\tau = B.I.A.N$$ نيوتن . متر

٢- إذا كان العمودى على مستوى الملف يضع زاوية θ مع خطوط الفيض

$$\tau = B.I.AN\ Sin\theta$$

العمودى على مستوى الملف هو إتجاه عزم ثنائى القطب المغناطيسى m_d

٣- إذا كان مستوى الملف عموديًا على الفيض ينعدم العزم $\tau = 0$

الزاوية (θ) هى هنا:

١- الزاوية المحصورة بين إتجاه خط عمل القوة على الضلعين الرأسين مع مستوى الملف.

٢- الزاوية المحصورة بين مستوى الملف، العمودى على خطوط الفيض المغناطيسية.

٣- الزاوية المحصورة بين إتجاه عزم ثنائى القطب مع خطوط الفيض.

٤- الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض مع العمودى على مستوى الملف.

٥- الزاوية المحصورة بين العمودى على خط عمل القوة وإتجاه عزم ثنائة القطب.



تعريف عزم ثنائي القطب

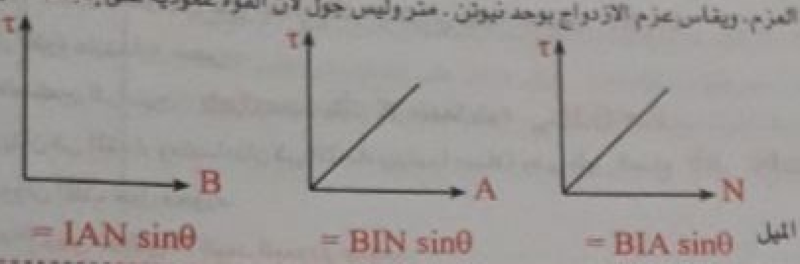
يساوي عدديا العزم المغناطيسي المؤثر على ملف عندما يكون مستواه موازيا مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه واحد تسلا. $|md| = IAN$ أمبير. م^2

العوامل التي يتوقف عليها عزم الازدواج المغناطيسي.

$\tau = B.I.AN \sin\theta$

نيوتن . متر

وهي شدة التيار - كثافة الفيض - مساحة الملف - عدد اللفات وجيب الزاوية بين العمودي على مستوى الملف وخطوط الفيض وكلها طردياً مع العزم. ويقاس عزم الازدواج بوحد نيوتن . متر وليس جول لأن القوة عمودية على إتجاه الحركة فلا تبذل شغل



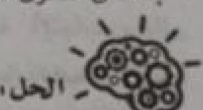
= IAN sinθ   = BIN sinθ   = BIA sinθ الميل

مثال (٨): ملف مستطيل مساحته 20 سم^2 عدد لفاته 200 لفة يمر به تيار شدته 2 أمبير موضوع فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 5 تسلا . احسب العزم المغناطيسى.

١- إذا كان مستوى الملف عمودياً على الفيض.

٢- إذا كان مستوى الملف موازياً للفيض.

٣- إذا كان مستوى الملف يصنع زاوية 60° مع الفيض.



الحل:

$\{1\}\ \tau = 0$

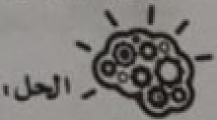
$\{2\}\ \tau = B.IA.N = 5 \times 2 \times 20 \times 10^{-4} \times 200 = 4\ N.m$

$\{3\}\ \tau = B.I.A.N \sin\theta = 4 \sin 30 = 2\ N.m$

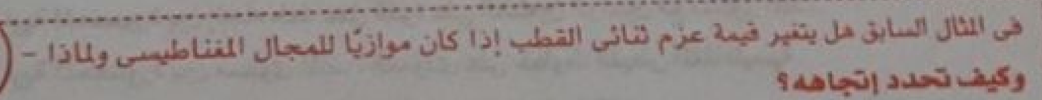
مثال (٩):



(مصر ٢٠١٨) ملف مستطيل طوله 0.12m وعرضه 0.1m يمر به تيار كهربى شدته 3A وعدد لفاته 50 لفة وضع عمودياً فى مجال مغناطيسى منتظم احسب عزم ثنائى القطب المغناطيسى للملف فى هذا الوضع.



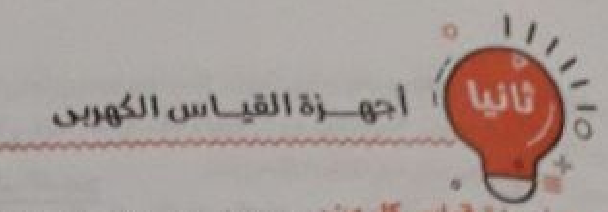
الحل:



$|md| = IAN = 3 \times (0.12 \times 0.1) \times 50 = 1.8\,Am^2$

فى المثال السابق هل يتغير قيمة عزم ثنائى القطب إذا كان موازياً للمجال المغناطيسى ولماذا - وكيف تحدد إتجاهه؟

عزم ثنائى القطب لا يتوقف على المجال المغناطيسى المؤثر على الملف - ويحدد إتجاهه بقاعدة أمبير لليد اليمنى أو قاعدة البريمة اليمنى ويكون دائمًا عمودياً على مستوى الملف عند مركزه حسب إتجاه التيار فيه.



أجهـزة القيـاس الكهربى

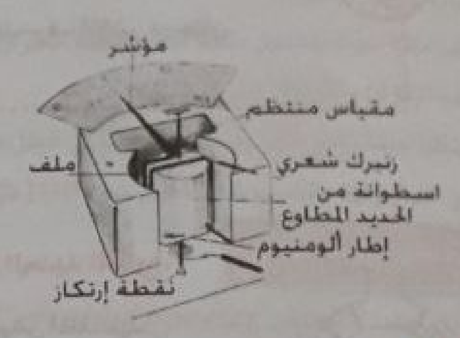
وهى أجهزة قياس كل من: شدة التيار - فرق الجهد - المقاومة.

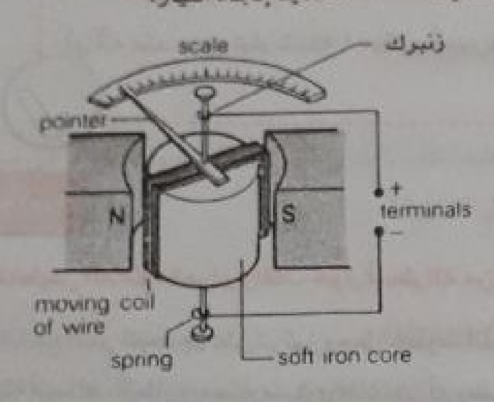
تعتمد على التأثيرات المغناطيسية للتيار الكهربى - والأجزاء الرئيسية لها تكاد تكون واحدة.

الجلفانومتر ذو الملف المتحرك (الحساس)

الغرض منه:

١- الاستدلال على التيارات الصغيرة.　　٢- قياس شدتها.　　٣- تحديد إتجاه التيار.





فكرة عمله:

تعتمد على عزم الازدواج المؤثر فى ملف يحمل تيارًا قابل للحركة فى مجال مغناطيسى.

التركيب: يتركب كما فى الشكل من:

١- الملف: على شكل مستطيل ملفوف على إطار خفيف من الألومنيوم يدور حول اسطوانة من الحديد المطاوع ويرتكز الملف على حوامل من العقيق واسطوانة الحديد المطاوع ثابتة والملف قابل للحركة حولها دون أن يمسها ويتحكم فى حركة الملف زوج من الملفات اللولبية (الزنبركية) وتعمل كموصلات للتيار بالنسبة للملف حيث يدخل التيار من أحدهما ويخرج من الأخر كما يثبت فى محور دوران الملف مؤشر طويل وخفيف يتحرك مع الملف وطرفه على تدريج منتظم صفره فى المنتصف.

٢- المغناطيس: مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس قطباه مقعران ومتقابلان، ويقع الملف بين قطبى المغناطيس (حتى لا يتأثر بمجال الأرض).

شرح العمل:

١- عند وضع الإتزان قبل مرور التيار الكهربى يشير المؤشر إلى صفر التدريج فى المنتصف كما فى الشكل.

٢- عند مرور التيار الكهربى فى الملف من أحد طرفيه وليكن الطرف الأيمن إلى داخل الورقة ليخرج من الطرف الأيسر للملف يتولد عزم يعمل على دوران الملف والمؤشر فى اتجاه حركة عقارب الساعة، وإذا عكس اتجاه التيار الكهربى يتحرك الملف والمؤشر فى عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

٣- عندما يتساوى عزم الازدواج الناشئ عن القوى المغناطيسية المؤثرة على الملف مع عزم الإزدواج الناشىء عن الملفات الزنبركية الذى يعمل فى إتجاه مضاد لحركة الملف فإن الملف يتزن ويستقر المؤشر على التدريج وتدل قراءة التدريج عند طرف المؤشر على قيمة شدة التيار المار فى ملف الجلفانومتر.

ملحوظة: عزم الإزدواج المغناطيسى ثابت بينما عزم اللى نامى بزيادة θ أى يزيد حتى يساوى العزم المغناطيسى فيثبت الملف.

حساسية الجلفانومتر:

هى زاوية الإنحراف عند مرور تيار فى ملفه شدته الوحدة.

تحسب θ من العلاقة = المسافة التى يتحركها المؤشر على التدريج / بعد التدريج عن الملف

والحساسية = $\frac{\theta}{I}$ درجة / أمبير = $\frac{BAN}{X}$

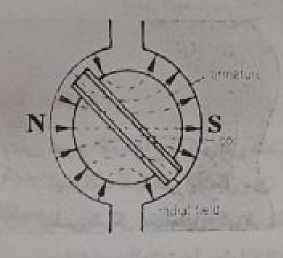
تتوقف الحساسية على: طرديًا مع كثافة الفيض - المساحة - عدد اللفات - وعكسيًا مع ثابت اللى (c)

ما معنى قولنا أن حساسية الجلفانومتر 2 درجة/ميكرو أمبير.

أى أنه عند مرور تيار شدته ١ ميكرو أمبير ينحرف المؤشر درجتان.

علل لما يأتى:

١- قطبا المغناطيس الدائم مقعران والملف حول أسطوانة من الحديد المطاوع.



تعمل الأسطوانة مع تقعر القطبين على تركيز وجعل خطوط الفيض المغناطيسى بينهما على هيئة أنصاف أقطار ويصبح مستوى الملف فى أى وضع موازيًا لخطوط الفيض المغناطيسى وعلى ذلك فإنه فى جميع الأوضاع التى يتخذها الملف تكون كثافة الفيض ثابتة، وبالتالى يكون إنحراف المؤشر متناسبًا مع شدة التيار.

٢- يلف الملف على إطار خفيف من الألومنيوم.

لتخميد حركة الملف، أى منع تذبذب الملف جيئه وذهابًا، وبذلك ينحرف المؤشر ويستقر عند القراءة مباشرة لأن الألومنيوم لا يتمغنط فهو مادة غير مغناطيسية وخفيف.

٣- تدريج الجلفانومتر منتظم (أقسامه متساوية).

لأن زاوية إنحراف المؤشر متناسبة مع شدة التيار المار فى الجلفانومتر $\theta \propto I$

٤- يرتكز ملف الجلفانومتر على حوامل من العقيق بها حضرة للارتقاء.

لمنع الاحتكاك الذى يعوق حركة الملف وبذلك يتأثر بأقل قوة.

٥- ما أهمية السلكين الزنبركين أعلى وأسفل ملف الجلفانومتر.

١- يعملان عزم مضاد يسمى عزم اللى حتى يثبت الملف عند تساوى العزمان.

٢- يدخل ويخرج منها التيار.

٣- تعيد الملف إلى وضع الصفر بعد قطع التيار.

ملحوظة: عزم اللى ناتج عن إما: (أ) ملفان زنبركيان أعلى وأسفل الملف متضادين يعملان معًا إزدواج.

(ب) ملف زنبرك أسفل وسلك تعليق البرنز الفوسفورى مرن أعلى الملف

(هـ) سلكان من البرنز الفوستفور ويعلق فيهما الملف واحد علوى والآخر سفلى.

مميزات الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.

١- لا يحتاج الملف إعدادًا عند استعماله لأنه لا يتأثر بالمجالات المغناطيسية الأخرى حوله وحتى مجال الأرض.

٢- حساس للتيارات الصغيرة حتى 10^{-10} أمبير (عند إستخدام مرآه ومؤشر ضوئى).

٣- شدة التيار تتناسب مع زاوية الإنحراف مباشرة وليس ظلها (كما فى جلفانومتر الظل).

عيوبه :

١- يحتاج إلى معايرة أى إعادة تصحيح قراءته كل فترة لضعف مرونة السلك الزنبركى بالاستعمال وضعف المغناطيس بمرور الوقت.

٢- لا يقيس تيارات كبيرة لأنها:

١- تتلف ملفه حيث ينصهر سلك الملف نتيجة الحرارة المتولدة.

٢- يتلف الإتزان والأرتكاز على العقيق.

ملحوظة : هناك جلفانومتر آخر ويسمى جلفانومتر الظل فيه الملف ثابت والأبرة المغناطيسية تتحرك فى مركز الملف وتنحرف بمرور التيار وفيه يتناسب شدة التيار مع $\tan\theta$ (ظل الزاوية).

تطبيقات على الجلفانومتر

أميتر التيار الموحد الاتجاه : *Direct Current Ammeter*

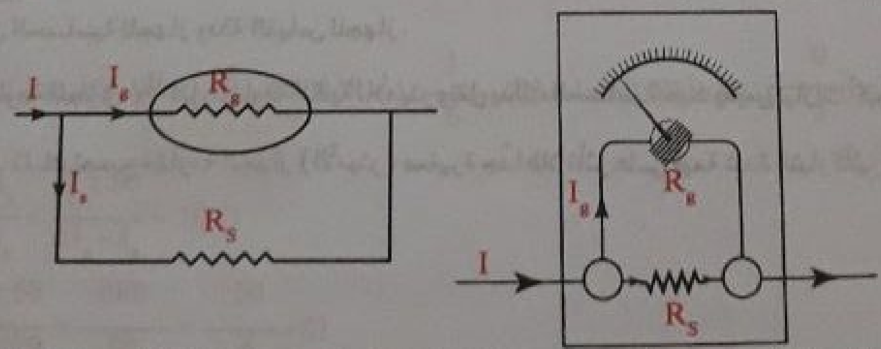
هـو جهاز يستخـدم لقياس شدة التيـارات الكبيرة وهـو تعديل للجلفانومـتر ذو الملف المتحرك وذلـك بتوصيل ملفه بمقاومة صغيرة على التوازى تسمى مجزئ التيار. (R_S)

تركيبـه : "تحويل الجلفانومتر إلى أميتر"

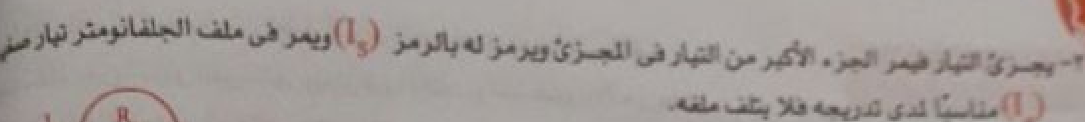
جلفانومـتر ذو ملف متحرك ومقاومة صغيرة جدًا توصل علـى التوازى مع الجلفانومتر، تسمى مجزئ التيار (R_S) حتى تجعل المقاومة الكلية للجهاز صغيرة.

ما هو مجزئ التيار : *Shunt (R_S)*

هو مقاومة صغيرة توصل على التوازى مع ملف الجلفانومتر عندما يراد استخدامه لقياس شدة تيار أكبر من تدريجه، أى لزيادة مدى الجلفانومتر وتحويله إلى أميتر.



١- يجعل مقاومة الأميتر ككل صغيرة جدًا فلا تتغير شدة التيار المراد قياسه بعد إدخال الأميتر فى الدائرة على التوالى تغيرًا كبيرًا.



٢- يجـزئ التيار فيمر الجزء الأكبر من التيار فى المجـزئ ويرمز له بالرمز (I_s) ويمر فى ملف الجلفانومتر تيار صغ
(I_g) مناسبًا لمدى تدريجه فلا يتلف ملفه.



القانون المستخدم: استنتاجه من الشكل السابق.

∵ التوصيل على التوازى $I_s \times R_s = I_g \times R_g$

حيث:

R_g مقاومة ملف الجهاز (الجلفانومتر) R_s مقاومة المجزئ المناسب.

I_g شدة تيار الجلفانومتر نهاية تدريج الجلفانومتر (I_s) شدة التيار المار فى مجزئ التيار

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I_s} \qquad (1)$$

حيث: (I) شدة التيار الكلى (2) $\qquad I_s = I - I_g$

من (1)،(2) يمكن إيجاد مقاومة المجزئ كما يأتى:

$$B_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

إذا عكس إتجـاه التيار فى الدائرة يجب عكس قطبى الأميتر لأنه يقيس التيار فى إتجاه واحد وإذا عكس إتجاه التيار لا يقرأ تيار.

علل لما يأتى:

١- يوصل الأميتر على التوالى فى الدوائر الكهربائية.

حتى يمر فيه نفس التيار المار فى الدائرة الكهربائية وبذلك يقرأ تيار الدائرة.

٢- صفر مقاومة الأميتر.

١- حتى لا تتغير شدة التيار المار فى الدائرة الكهربائية بعد إدخال الأميتر فيها على التوالى تغير كبير.

٢- حتى يقيس تيار كبير. ٣- وحتى لا يتلف ملفه.

- وكلما قلت مقاومة المجزئ أمكن استخدامه لقياس تيارات شدتها أكبر.

ملحوظة:

هناك فرق بين الحساسية للجهاز ودقة القياس للجهاز.

- كلما قلت مقاومة المجزئ R_s تقل المقاومة الكلية للأميتر وتقل بذلك الحساسية حيث يقيس تيارات أكبر لأن الحساسية $= \frac{\theta}{I}$ وعنـد ذلـك تصبح مقاومة الجهاز (الأميتر) صغيرة جدًا فلا تأثر علـى قيمة شدة التيار تأثير كبير فتزيد دقة القياس.

أمثلة

مثال (١):

جلفانومتر حساس مقاومته 20 أوم وأقصى تيار بقيسه واحدًا ميللى أمبير. احسب مقاومة المجزئ المراد توصيله معه ليقيس تيارات أقصاها 5 أمبير.



الحل:

$$R_s = \frac{R_g I_g}{I - I_g} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 20}{5 - 0.001} = \frac{0.02}{4.999} = 0.004\Omega$$

توصل على التوازى مع الجلفانومتر.

مثال (٢):

احسب النسبة المئوية لشدة التيار الذى يمر فى ملف جلفانومتر مقاومته 0.6 أوم عند توصيله بمجزئ مقاومته 0.2 أوم.

الحل:

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} \qquad \therefore \frac{R_s}{R_g} = \frac{I_g}{I - I_g}$$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s} \qquad \therefore \frac{I_g}{I} = \frac{0.2}{0.6 + 0.2} = \frac{2}{8} = 25\%$$

مثال (٣):

جلفانومتر مقاومة ملفه 50 أوم احسب مقاومة المجزئ اللازم لإنقاص حساسية إلى السدس ثم احسب المقاومة الكلية للجهاز عند ذلك.



الحل:

$\because$ الحساسية $= \frac{\theta}{I}$ أى عندما تقل الحساسية إلى $\frac{1}{6}$ يزيد التيار الكلى 6 مرات فإذا كان تيار الجلفانومتر Ig يصبح 6Ig.

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{I_g \times 50}{6I_g - I_g} = 10\ \Omega$$

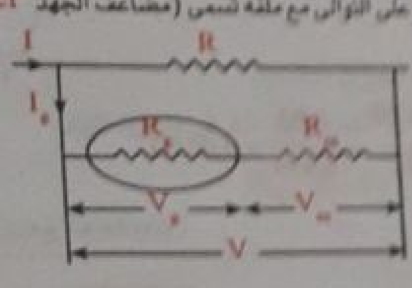
$$R_t = \frac{10 \times 50}{10 + 50} = \frac{500}{50} = \frac{50}{6}\ \Omega$$

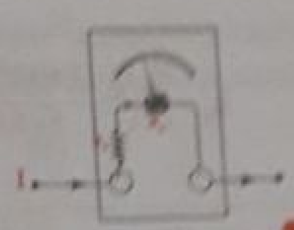


فولتميتر التيار الموحد الاتجاه Direct Current Voltmeter

هو جهاز يستخدم لقياس فروق في الجهد كبيرة وهو تعديل للجلفانومتر ذو الملف المتحرك وذلك بتوصيل ملفه بمقاومة كبيرة على التوالى تسمى مضاعف الجهد R_m

تركيبه: جلفانومتر ذو ملف متحرك ومقاومة كبيرة توصل على التوالى مع ملفه تسمى (مضاعف الجهد Multiplier R_m)





علل لما يأتى:

١- كبر مقاومة الفولتميتر.

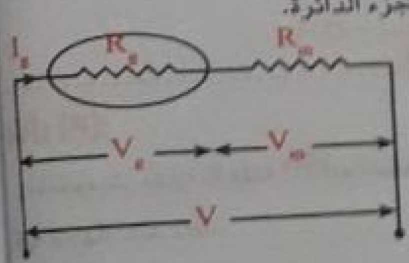
(أ) حتى لا يسحب الفولتميتر تيارًا كبيرًا من الدائرة الأصلية وبالتالى لا يحدث تغيرًا كبيرًا فى فرق الجهد المطلوب قياسه.

(ب) حتى يقيس فرق جهد كبير. (جـ) حتى لا يتلف ملفه بمرور التيار.

٢- يوصل الفولتميتر على التوازى مع جزء الدائرة المطلوب قياس فرق الجهد عليه.

حتى يكون فرق الجهد الذى يقيسه الجهاز مساويًا لفرق الجهد بين طرفى جزء الدائرة.

استنتاج القانون المستخدم:



من الشكل

$$V_g = I_g R_g \quad (1)$$

$$V = I_g R_g + I_g R_m \quad (2)$$

$\because$ V فرق الجهد الكلى المطلوب قياسه

من (1، 2)

$$V = V_g + I_g R_m$$

$$V - V_g = I_g R_m$$

$$\therefore R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$$

نجد أن:

كلما زادت مقاومة مضاعف الجهد R_m زادت دقة القياس للفولتميتر.

أمثلة

مثال (١): جلفانومتر مقاومة ملفه 40 أوم، ينحرف مؤشره إلى نهاية تدريجه بمرور تيار كهربى شدته 5 ميللى أمبير، احسب قيمة المقاومة اللازم إدماجها مع الجهاز حتى يصبح مناسبًا لقياس فرق جهد حتى 10 فولت.

الحل:

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{10 - (40 \times 5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}}$$

$$R_m = \frac{10 - 0.2}{0.005} = \frac{9.8}{0.005} = 1960\ \Omega$$

1960 أو على التوالى مع الكلفانومتر.

مثال (٢):

جلفانومتر مقاومة ملفه 150 قسم وحساسية الجلفانومتر للقسم الواحد 0.1 ميللى أمبير يدل كل 2 قسم من التدريج على 1 ميللى فولت عند استخدامه لقياس الجهد كيف يمكن تحويله إلى:

١- أميتر يقيس تيارات حتى 6 أمبير.

٢- فولتميتر يدل كل قسم من أقسامه على 0.1 فولت وما هى مقاومته الكلية عندئذ.

الحل:

أولاً: كأميتر:

$$Ig = 150 \times 0.1 = 15$$ ميللى أمبير

$$Vg = \frac{150}{2} \times 1 = 75$$ ميللى فولت

$$Rg = \frac{75 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 5\ \Omega$$

$$R_s = \frac{R_g I_g}{I - I_g} = \frac{75 \times 10^{-3}}{6 - 15 \times 10^{-3}} = \frac{0.075}{5.985} = 0.0125\ \Omega$$

نوصل على التوازى مع الجلفانومتر:

ثانياً: كفولتميتر:

$$V = 150 \times 0. = 15$$ فولت

$$Rm = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{15 - 0.075}{15 \times 10^{-3}} = \frac{14.925}{0.015} = 995\ \Omega$$

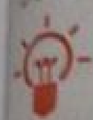
المقاومة الكلية للفولتميتر (R)

$$R = Rg + Rm = 995 + 5 = 1000\ \Omega$$



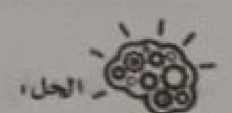
مثال (٢):

جلفانومتر حساس مقاومة ملفه 4Ω أقصى تيار يقيسه $1mA$ فإذا وصل ملفه بمقاومة 1Ω على التوازى معه ليكون جهاز واحد. ثم وصل معه مقاومة 999.2Ω على التوالى حتى يستخدم كفولتميتر احسب أقصى فرق جهد يقيسه الفولتميتر

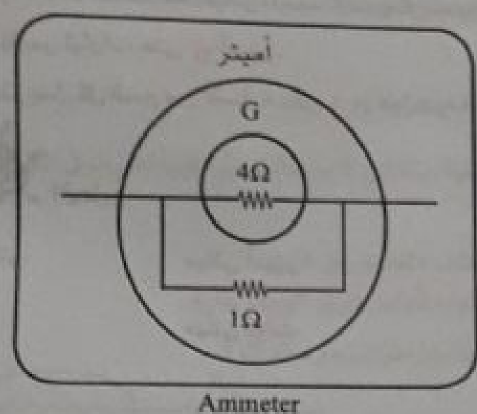


المعطيات:

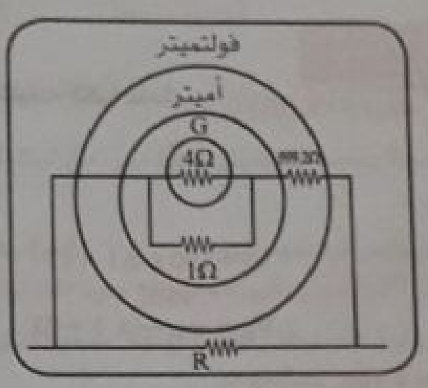
$R_g = 4\Omega$, $I_g = 1 \times 10^{-3}A$, $R_s = 1\Omega$, $R_m = 999.2\Omega$, $V = ??$



الحل:



Ammeter



تحويل أميتر إلى فولتميتر

$I_A = 1 - 5 \times 10^{-3}A$

$R_A = \dfrac{R_g \times R_s}{R_g + R_s} = \dfrac{4 \times 1}{4 + 1} = 0.8\Omega$

$R_m = \dfrac{V - I_A R_A}{I_A}$

$999.2 = \dfrac{V - 5 \times 10^{-3} \times 0.8}{5 \times 10^{-3}} \therefore V = 5V$

$V_g = I_g R_g = 1 \times 10^{-3} \times 4 = 4 \times 10^{-3}V$

$R_s = \dfrac{V_g}{I - I_g}$

$1 = \dfrac{4 \times 10^{-3}}{I - 1 \times 10^{-3}}$

$I = 5 \times 10^{-3}A$

حل آخر: بإستخدام التوصيلا على التوالى والتوازى

$1 \times 10^{-3} = \dfrac{1}{1 + 4} \times I_T \quad \therefore I_T = 5 \times 10^{-3}A$

$I_g = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} \times I_T$

$V = 5 \times 10^{-3} \times (\dfrac{4 \times 1}{4 + 1} + 999.2)$

$V = IR$

$V = 5V$

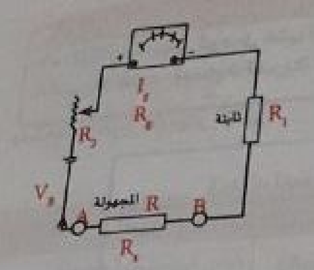
الأوميتر The Ohmmeter

هو جهاز يستخدم لقياس قيمة مقاومة مجهولة بطريقة مباشرة - وهو عبارة عن ميكرو أميتر موصل على التوالى مع مقاومة ثابتة وأخرى متغيرة، وعمود جاف قوته الدافعة ثابتة جميعًا على التوالى مع مقاومة الجهاز المراد تعديله.

فكرته :

تعتمد فكرته على أساس عزم الإزدواج المؤثر على ملف وكذلك شدة التيار تتناسب عكسيًا مع المقاومة عند ثبوت فرق الجهد من قانون أوم $R \propto \frac{1}{I}$ ويمكن معايرته ليقيس المقاومة مباشرة.

تركيب الأوميتر المعتاد (كما بالشكل)



١- ميكرو أميتر مقاومته R_g حوالى 250 أوم أقصى تيار يقيسه $I_g = 400$ ميكرو أمبير

٢- يوصل معه على التوالى مقاومة ثابتة R_1 حوالى 3000 أوم.

٣- مقاومة متغيرة R_2 مداها حوالى 6565 أوم.

٤- عمود جاف قوته 1.5 فولت وثابتة القيمة.

عمله :

١- عند تلامس طرفى الجهاز أو توصيلهم بسلك مهمل المقاومة ينحرف المؤشر ثم تغير فى المقاومة المتغيرة R_2 حتى ينحرف المؤشر إلى نهاية تدريج التيار وبداية تدريج المقاومة عند ذلك يكون تم معايرة الجهاز وتكون المقاومة الداخلية الكلية هى: $R = R_g + R_1 + R_2 + r$

حيث r هى المقاومة الداخلية للبطارية وإذا أدخلت المقاومة المجهولة بين طرفيه بعد معايرته تعمل على زيادة المقاومة وبذلك يقل الإنحراف للمؤشر وهو معاير لقياس قيمة هذه المقاومة المجهولة مباشرة.

مثلاً إذا كانت المقاومة الداخلية الكلية للجهاز R فإن:

١- المقاومة الخارجية التى تجعل المؤشر ينحرف إلى $\frac{1}{2}$ التدريج تكون = R

٢- المقاومة الخارجية التى تجعل المؤشر ينحرف إلى $\frac{1}{3}$ التدريج تكون = 2R

٣- المقاومة الخارجية التى تجعل المؤشر ينحرف إلى $\frac{1}{4}$ التدريج تكون = 3R

٤- المقاومة الخارجية التى تجعل المؤشر ينحرف إلى $\frac{3}{4}$ التدريج تكون = $\frac{1}{3}R$

من ذلك يتضح أن التدريج غير منتظم أقسامه غير متساوية



ملحوظة :

(أ) تدريج الأميتر يكون فى الإتجاه المضاد لتدريج الأوميتر I أقصى إنحراف يقابل مقاومة مجهولة = صفر.

(ب) أقسام تدريج الأوميتر غير متساوية حيث تتباعد فى الجهة اليمنى وتتقارب فى اليسرى. (كما بالشكل)



علل: أقسام تدريج الأوميتر غير متساوية (تدريجه غير منتظم):
لأن شدة التيار تتناسب تناسبًا عكسيًا مع حاصل جمع عدة مقاومات إحداهما فقط متغيرة وهى المجهولة المراد قياسها فلا ينتظم التدريج.



تعريف المقاومة العيارية:

هى المقاومة التى توصل على التوالى مع المقاومة الداخلية للجهاز والتى تجعل المؤشر ينحرف إلى نهاية التدريج للتيار وبداية تدريج المقاومة (وهى المقاومة الثابتة والمتغيرة).

يستخدم قانون الأوميتر الآتى:

$$\frac{\text{ق.د.ك لعمود}}{\text{المقاومة الداخلية الكلية للجهاز}} = \frac{V_B\ (\text{العمود})}{R_g + R_1 + R_2 + r} = I_g\ (\text{أكبر تيار})$$

$$I\ (\text{بعد توصيل المجهولة}\ R_x) = \frac{V_B\ (\text{العمود})}{R_g + R_1 + R_2 + R_x + r\ \text{مجهولة}}$$

أمثلة

مثال (١):

ميكرو أميتر 250 أوم أقصى تيار يقيسه 400 ميكرو أمبير تتصل معه على التوالى مقاومة ثابتة 3000 أوم وكذلك مقاومة متغيرة مداها 6560 أوم وعمود جاف قوته الدافعة 1.5 فولت استخدم كأوميتر لقياس مقاومة مجهولة احسب:

١- المقاومة الكلية التى تجعل مؤشره ينحرف إلى نهاية التدريج.
٢- قيمة المقاومة التى تؤخذ من الريوستات (المتغيرة).
٣- قيمة المقاومة التى تجعل المؤشر ينحرف إلى نصف التدريج.
٤- قيمة المقاومة التى تجعل المؤشر ينحرف إلى 100 ميكرو أمبير.
٥- قيمة المقاومة التى تجعل المؤشر ينحرف إلى $\frac{1}{5}$ التدريج.



الحل:

١- حتى ينحرف المؤشر إلى أقصى تدريجه تكون R'

$$= \frac{V}{I} = \frac{1.5}{400 \times 10^{-6}} = 1750\ \Omega$$

٢- مقاومة الجهاز + المقاومة الثابتة $= 250 + 3000 = 3250$
∴ المقاومة التى تؤخذ فى الريوستات

$$= 3750 - 3250 = 500\ \Omega$$

٣-

$$\frac{1}{2} \times 400 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{3750 - R} \qquad \therefore R = 3750\ \Omega$$

٤- ومنها:

$$100 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{3750 - R} \qquad \therefore R = 11250\ \Omega$$

٥-

$$\frac{1}{5} \times 400 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{3750 + R} \qquad \therefore R = 15000\ \Omega$$

مثال (٢):

ملى أميتر مقاومة ملفه 50 يصل مؤشره إلى نهاية تدريجه بمرور تيار 0.01A يراد تحويله إلى أوميتر فإذا كانت ق. د. ك. للعمود 2V احسب:

١- المقاومة العيارية اللازمة.

٢- المقاومة الخارجية التى تجعل المؤشر ينحرف إلى $\frac{1}{3}$ التدريج.

الحل:

$$1\text{-}\ I_g = \frac{V_B}{R_g + R_c} \qquad \therefore\ 0.01 = \frac{2}{50 + R_c} \qquad \text{منها } R_c = 150$$

$$2\text{-}\ I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_x} \qquad \therefore\ \frac{1}{3} \times 0.01 = \frac{2}{200 + R_x} \qquad R_x = 400$$

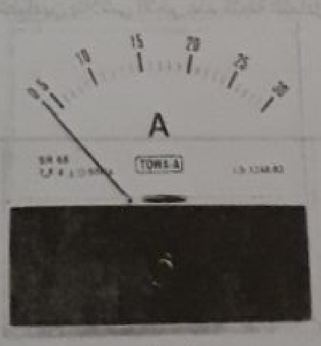
"مقارنة بين الأميتر والفولتميتر والأوميتر"

وجه المقارنة	الأميتر	الفولتميتر	الأوميتر
(١) الوظيفة	قياس شدة التيار	قياس فرق الجهد	قياس قيمة مقاومة مجهولة
(٢) طريق تعديل الجلفانومتر	يوصل ملفه على التوازى بمقاومة صغيرة (مجزىء التيار).	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة كبيرة (مضاعف الجهد).	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة عيارية محسوب قيمتها وعمود كهربى.
(٣) التوصيل فى الدائرة	يوصل على التوالى فى الدائرة المراد قياس شدة التيار المار فيها.	يوصل على التوازى بين طرفى الموصل المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه.	
(٤) القانون المستخدم	$R_m = \frac{I_g . R_g}{I - I_g}$	$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$	$I_0 = \frac{E}{R_0 + R'}$

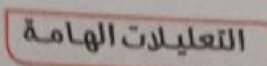
هذا النوع من أجهزة القياس تعتمد على قراءة المؤشر وتسمى أجهزة تناظرية Analog وهناك نوع آخر من الأجهزة تعتمد على قراءة أعداد رقمية تدل على قيمة القياس على شاشة بدون مؤشر وتسمى أجهزة رقمية Digital



جهاز رقمى



جهاز تناظرى

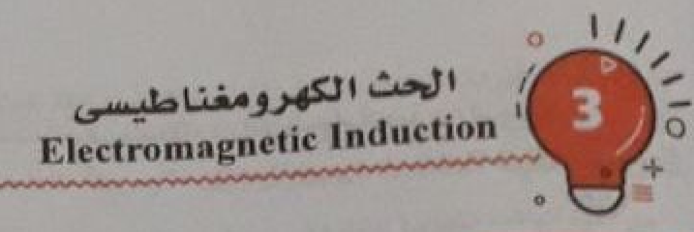


التعليلات الهامة

الحقيقة العلمية	التعليل
١- زيادة كثافة الفيض المغناطيسى فى محور ملف لولبى عند وضع ساق حديد داخله.	- لأن معامل نفاذية الحديد أكبر من معامل نفاذية الهواء وكثافة الفيض تتناسب طرديًا مع معامل النفاذية فتزيد كثافة الفيض بوضع ساق الحديد داخله.
٢- يمر تيار مستمر فى سلكين متوازيين ولا توجد لهما نقط تعادل.	- فى هذه الحالة يكون التياران فى السلكين متضادين ومتساويين تمامًا ويكون مجالهما متضاد خارجهما وفى أى جانب يكون المجال القريب أكبر فلا توجد نقط تعادل.
٣- إذا اختلفت كثافة الفيض على جانبى موصل فإنه يتحرك.	- لأن خطوط الفيض تتزاحم فى جانب عنها فى الجانب الآخر ومن خواصها أنها تتنافر معًا بقوة فى الجانب القوى وتضغط على السلك فتحركه جهة الجانب الضعيف حيث التنافر أقل.
٤- سلك مستقيم يمر به تيار كهربى فى مجال مغناطيسى ولا يتأثر بقوة.	- يكون السلك موازيًا للمجال المغناطيسى فتكون محصلة القوى عليه = صفر.
٥- يمر تيار كهربى مستمر فى ملف ولا يوجد له مجال مغناطيسى.	- الملف يكون ملفوف زوجيًا أى يثنى السلك على نفسه ثم يلف وبذلك يلغى مجال أحد الأفرع مجال الفرع الآخر لأنهما متضادين.
٦- قد لا تتمغنط ساق حديد لف حولها سلك يمر به تيار مستمر.	- يكون السلك ملفوف زوجيًا.
٧- نقطة التعادل لسلكين متوازيين بهما تيار فى نفس الاتجاه تقع بينهما.	- لأن المجال بينهما متضادين يتلاشى الآخر عند نقطة التعادل بينهما.

الحقيقة العلمية	التعليل
٨- قطبا المغناطيس فى الجلفانومتر مقعران ويلف الملف حول إسطوانة حديد مطاوع.	- وذلك حتى يعملان معا على جعل خطوط الفيض على هيئة أنصاف أقطار وتركز خطوط الفيض وبذلك يكون فى أى وضع مستوى الملف موازيا للفيض أى يكون العزم قيمة عظمى وثابت ويتناسب مع I فقط.
٩- يلزم أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة.	- وذلك حتى يقيس قراءة كبيرة ولا يتلف ملف الجهاز وحتى يكون النقص الحادث فى القراءة صغيرًا ويمكن إهماله.
١٠- تدريج الأوميتر عكس تدريج الأميتر.	- لأن الأوميتر يقيس مقاومات والمقاومة تتناسب عكسيا مع شدة التيار فكلما زادت المقاومة قل التيار. والعكس صحيح.
١١- تدريج الأميتر والجلفانومتر منتظم.	- وذلك لأن زاوية الانحراف θ تتناسب طرديا مع شدة التيار (I) لثبات كثافة الفيض.
١٢- تدريج الأوميتر غير منتظم وأقسامه غير متساوية.	- لأن شدة التيار تتناسب عكسيا مع حاصل جمع عدة مقاومات منهم المقاومة المجهولة وهى التى تتغير فقط لا ينتظم التدريج.
١٣- يوصل الأوميتر بمقاومة عيارية (متغيرة وثابتة).	- وذلك للتحكم فى شدة التيار حتى تجعل المؤشر ينحرف إلى نهاية تدريج التيار وبداية تدريج المقاومة I أى يتم معايرته I وتقلل التيار حتى لا يتلف ملفه.
١٤- يحتاج الجلفانومتر إلى معايرة من آن لآخر.	- وذلك بسبب ضعف مرونة السلكين الزنبركين بالاستعمال وكذلك ضعف المغناطيس بمرور الوقت.
١٥- عدم تحرك ملف مستطيل يحمل تيار وقابل للدوران رغم تأثر أضلاعه الأربعة بفيض مغناطيسى عمودى عليهم.	- لأن الفيض المغناطيسى يكون عموديا على مستوى الملف وتكون $\theta =$ صفر بذلك ينعدم العزم وأيضًا يكون كل ضلعين متقابلين يتأثرون بقوتين متساويتين ومتضادتين تلغى كل منهما الأخرى.

الحقيقة العلمية	التعليل
١٦- لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس شدة التيارات العالية.	- لأنه (أ) ينصهر سلك الملف نتيجة الحرارة المتولدة فيه بمرور التيار. (ب) يختل نظام التعليق ويفقد الزنبرك مرونته وتتلف الركائز.
١٧- يجب أن تكون ق.د.ك للعمود المتصل بالأوميتر ثابتة.	- وذلك لأن فكرة عمل الأوميتر تعتمد على أن التيار يتناسب عكسيا مع المقاومة عند ثبوت فرق الجهد والقوة الدافعة فيجب أن تكون ق.د.ك ثابتة حتى لا تؤثر على قيمة المقاومة.
١٨- يتصل ملف الجلفانومتر بزنبركين أعلى وأسفل الملف.	- وذلك (أ) يعملان معًا عزم لى مضاد للعزم المغناطيسى فيقف الملف عند تساوى العزمان. (ب) يدخل ويخرج منهما التيار. (جـ) عند قطع التيار يعيدان الملف إلى وضع الصفر.
١٩- ينصح ببناء المساكن بعيدًا عن خطوط الجهد العالى.	- وذلك لتقليل تأثير المجال المغناطيسى الضار على صحة الإنسان والبيئة لأن $B \alpha \frac{1}{d}$
٢٠- لا يتأثر سلك مستقيم به تيار كهربى موجود فى محور ملف لولبى به تيار كهربى.	- لأن المجال المغناطيسى للملف اللولبى خطوط مستقيمة موازية للمحور وبذلك يكون السلك موازى للمجال المغناطيسى.
٢١- يتنافر سلكين مستقيمين متوازيان إذا كان التيار بينهما فى اتجاهين متضادين.	- وذلك لأن محصلة كثافة الفيض بينهم أكبر منها خارجها فتتولد قوى تنافر وكذلك حسب قاعد فلمنج لليد اليسرى.
٢٢- يوصل الأميتر فى الدائرة على التوالى بينهما يوصل الفولتميتر على التوازى بين طرفى المقاومة.	- حتى يمر فى الأميتر كل التيار المراد قياسها فى الدائرة بينما الفولتميتر على التوازى حتى يكون فرق الجهد بين طرفيه = فرق الجهد المطلوب قياسه.



الحث الكهرومغناطيسى
Electromagnetic Induction

مقـــدمة

١- اكتشف العالم أورستيد: تولد مجال مغناطيسى حول موصل يمر فيه تيار كهربى.

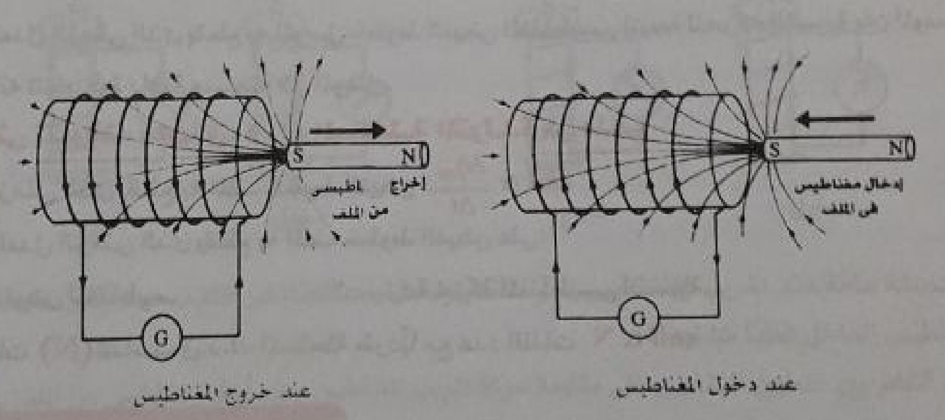
٢- اكتشف العالم فراداى: أنه يمكن أن يتولد تيار كهربى من مجال مغناطيسى أى أنه يمكن الحصول على تيار كهربى فى دائرة مقفلة بتأثير مجال مغناطيسى متغير ويعرف ذلك بالحث الكهرومغناطيسى. (عكس إكتشاف أورستيد).

ما المقصود بالحث الكهرومغناطيسى؟

هو ظاهرة توليد قوة دافعة كهربية مستحثة وتيار كهربى مستحث فى دائرة موصل مغلقه نتيجة تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطعه.

تجـربة فاراداى (١):

(توليد قوة دافعة كهربية مستحثة فى ملف)



عند خروج المغناطيس — عند دخول المغناطيس

١- ملف من النحاس لفاته معزولة بعضها عن البعض الآخر ويتصل طرفاه بجلفانومتر حساس، صفر تدريجه فى المنتصف كما فى الشكل.

٢- عند إدخال المغناطيس بسرعة داخل الملف ينحرف مؤشر الجلفانومتر لحظيًا فى اتجاه معين.

٣- عند إخراج المغناطيس من الملف بسرعة ينحرف مؤشر الجلفانومتر لحظيًا فى الإتجاه المضاد.

الإستنتاج:

تتولد القوة الدافعة المستحث ويتولد كذلك التيار الكهربى المستحث فى الدائرة لحظة قطع لفات الملف لخطوط الفيض المغناطيسى أثناء حركة المغناطيس، أى عندما يتغير الفيض المغناطيسى داخل الملف.

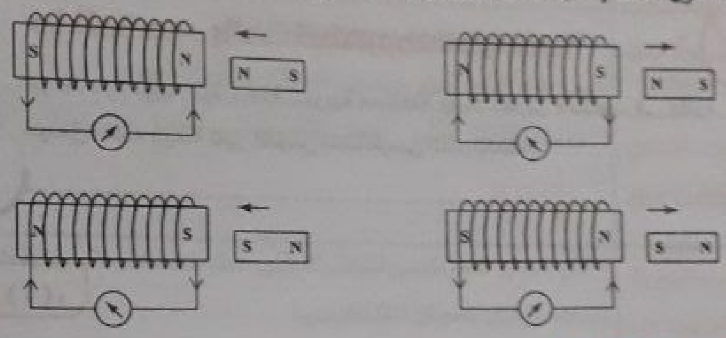
لدراسة العوامل التى تتوقف عليها emf المستحثات فى ملف قام فارادى بإجراء العديد من التجارب:

١- استخدم ملف عدد لفاته قليلة وآخر عدد لفاته أكبر مع تحريك مغناطيسى بسرعة ثابتة فى كل منهم وجد أن emf تزيد بزيادة عدد اللفات.

٢- استخدم مغناطيس واحد وادخاله فى ملف ثم استخدم مغناطيسان معًا من نفس النوع وادخالهما فى نفس الملف وجد أن emf تزيد بزيادة كثافة الفيض.

٣- استخدم مغناطيس واحد بسرعة معين فى دخول الملف ثم زاد السرعة النسبية للمغناطيس وجد زيادة emf المتولدة كما بالأشكال الآتية:

٤- عند لحظة الدخول شاهد إنحراف المؤشر فى إتجاه والخروج فى الإتجاه الآخر.



الإستنتاج: استنتج فارادى ما يأتى

إذا تغير المعدل الزمنى الذى يقطع به الموصل خطوط الفيض المغناطيسى نتيجة للحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسى فإنه تتولد قوة دافعة مستحثة فى الموصل.

العوامل التى تتوقف عليها ق. د. ك المستحثة المتولدة فى ملف

(أ) المعدل الزمنى الذى يقطع به الملف خطوط الفيض $emf \propto \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$

ويتوقف المعدل الزمنى الذى يقطع به الملف خطوط الفيض على:

١- كثافة الفيض المغناطيسى. ٢- سرعة حركة المغناطيسى النسبية.

(ب) عدد اللفات (N) تتناسب ق.د.ك المستحثة طرديًا مع عدد اللفات $emf \propto N$

قانون فرادى للحث الكهرمغناطيسى:

مقدار القوة الدافعة المستحثة يتناسب طرديًا مع المعدل الزمنى لتغير الفيض المغناطيسى الذى يقطع الموصل. «أى القوة الدافعة المتولدة فى ملف تتناسب طرديًا مع معدل التغيرة وصليه الفيض ($N\phi$).

(أى أن):

$$\therefore emf \propto \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

حيث (emf) القوة الدافعة المستحثة المتوسطة $\Delta\phi m$ التغير فى الفيض المغناطيسى خلال الزمن Δt وعلى ذلك يصبح قانون فارادى على الصورة:

∴ ق. د.ك المتوسطة تحسب من العلاقة:

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

الإشارة السالبة فى هذه العلاقة تدل على أن اتجاه القوة الدافعة المستحثة وبالتالى اتجاه التيار المستحث يكون بحيث يعاكس التغير المسبب له (يعرف بقاعدة لنز).

تعريف: القوة الدافعة المستحثة:

هى القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى موصل نتيجة تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطعه.

تعريف: التيار المستحث:

هو التيار الكهربى الناتج عن تغير الفيض المغناطيسى فى موصل دائرته مغلقة أو ضمن دائرة مغلقة.

إذا كان دائرة الموصل غير مغلقة فإنه لا يمر به تيار ولكن يتكون بين طرفيه فرق جهد = القوة الدافعة المستحثة فيه.

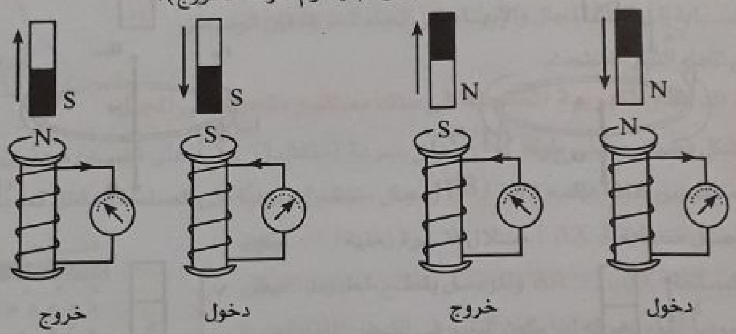
قاعدة لنز: وتنص على ما يأتى:

يكون اتجاه التيار الكهربى المستحث فى ملف بحيث يعاكس دائمًا التغير فى الفيض المسبب له.

تحقيق قاعدة لنز: (لنز عالمى ألمانى) وضع القاعدة عام ١٨٣٤م.

١- عند تقريب القطب الجنوبى للمغناطيسى من الملف يتولد فى الملف تيار كهربى مستحث فى إتجاه يكون قطبا جنوبيًا عند طرف الملف المواجه للقطب الجنوبى للمغناطيس (فيقاوم حركة الدخول).

٢- عند أبعاد القطب الجنوبى للمغناطيس عن الملف يتولد فى الملف تيار مستحث يكون فى إتجاه بحيث يكون قطبا شماليًا عند طرف الملف المواجه للقطب الجنوبى للمغناطيس. (فيقاوم حركة الخروج).



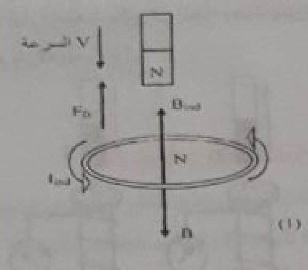
أى أنه بصفة عامة عند تقريب المغناطيس نحو الملف يتولد تيار مستحث فى الملف بحيث يكون طرف الملف المواجه لقطب المغناطيس الداخل قطبًا مشابه له.

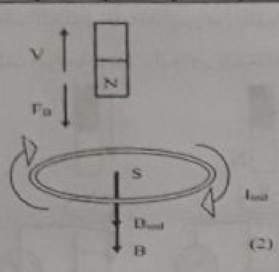
تعمل قوة التنافر بين القطبين المتشابهين على مقاومة حركة تقريب المغناطيس وعند أبعاد المغناطيس عن الملف يكون اتجاه التيار المستحث المتولد فى الملف بحيث يكون قطبا مخالفًا لقطب المغناطيس عند طرف الملف المواجه لقطب المغناطيس تعمل قوى التجاذب بين القطبين المختلفين على مقاومة حركة أبعاد المغناطيس.

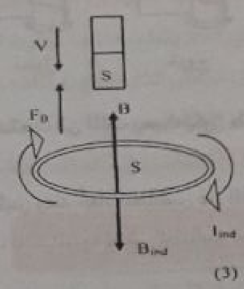


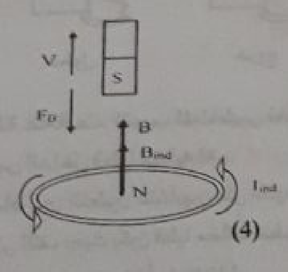
جدول يوضح قاعدة لنز

ت	القطب المؤثر	إتجاه B المؤثر	الحالة	القطب المستحث	إتجاه B_{ind}	$\Delta\phi_B$	ε_{ind}	إتجاه I_{ind}	نوع F_B	إتجاه F_B
1	N	نحو الأسفل	اقتراب	N	نحو الأعلى	نمو (+)	(-)	عكس عقرب الساعة	تنافر	نحو الأعلى
2	N	نحو الأسفل	ابتعاد	S	نحو الأسفل	تلاشى (-)	(+)	باتجاه عقرب الساعة	تجاذب	نحو الأسفل
3	S	نحو الأعلى	اقتراب	S	نحو الأسفل	نمو (+)	(-)	باتجاه عقرب الساعة	تنافر	نحو الأعلى
4	S	نحو الأعلى	ابتعاد	N	نحو الأعلى	تلاشى (-)	(+)	عكس عقرب الساعة	تجاذب	نحو الأسفل









الملخص: إذا كان الفيض على الملف للداخل + يزيد ← يعطى تيار مستحث ضد عقارب الساعة

إذا تغير أى من المدخلات يتغير الخرج فى هذه العلاقة

الحصول على تيار مستحث فى سلك مستقيم

عند تحريك سلك مستقيم طرفاه متصلين بجلفانومتر حساس بسرعة عموديًا على اتجاه مجال مغناطيسى بحيث يقطع خطوط الفيض المغناطيسى فإنه يتولد فى السلك ق.د.ك مستحثة وعند غلق الدائرة يمر تيار كهربى مستحث لحظة الحركة بسبب إنحراف مؤشر الجلفانومتر فى اتجاه معين ويتوقف إتجاه التيار المستحث على:

١- إتجاه حركة السلك.

٢- إتجاه المجال المغناطيسى.

ولتحديد اتجاه التيار المستحث المتولد فى السلك المستقيم تطبق قاعدة اليد اليمنى لفلمنج.

قاعدة اليد اليمنى لفلمنج Fleming's right rule

اجعل أصابع اليد اليمنى الأبهام والسبابة والوسطى متعامدة بعضها إلى البعض بحيث يشير السبابة إلى اتجاه المجال والإبهام إلى اتجاه الحركة فإن الوسطى عندئذ يشير إلى اتجاه التيار المستحث.

إستنتاج القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك مستقيم متحرك فى المجال:

١- موصل على شكل قضيب معدنى طوله (L) ينزلق بسرعة (منتظمة) (V) على قضيبين معدنيين موضوع عموديًا على مجال مغناطيسى كثافة فيضه ثابتة (B) (مجال منتظم) عموديًا على الصفحة للداخل كما بالشكل.

٢-إذا تحرك الموصل مسافة (ΔX) خلال فترة زمنية (Δt) يكون التغير فى المساحة $\Delta A = L.\Delta X$ والموصل يقطع خطوط الفيض المغناطيسى عموديًا أثناء تحركه لذا يكون التغير فى الفيض المغناطيسى:

$$\Delta\phi_m = B\Delta A = BL\Delta x$$

لكن $\therefore emf = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

$$\therefore emf = \frac{B.L\Delta x}{\Delta t} = B.L.V$$

لأن $= V$

وإذا كانت الزاوية بين اتجاه السرعة التى يتحرك بها السلك وبين اتجاه المجال هى (θ)

$$emf = -B.L.V \sin\theta$$

استنتاج آخر:

$$\because \phi = BA = BL.V\,\Delta t$$

$$emf = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{BLV\Delta t}{\Delta t} = BLV$$

العوامل التى تتوقف عليها ق. د.ك المستحثة المتولدة فى سلك مستقيم:

١- كثافة الفيض.
٢- طول السلك.
٣- سرعة حركة السلك.
٤- الزاوية المحصورة بين إتجاه حركة السلك والفيض.

تعريف: الويبر

هو فيض مغناطيسى يخترق عموديًا لفة واحدة من ملف عندما ينعدم تدريجيًا فى ثانية واحدة يولد ق. د. ك مستحثة = 1 فولت.

تفسير تولد القوة الدافعة المستحثة فى الموصل: عند قطع الموصل لخطوط الفيض فإن المجال المغناطيسى يؤثر على الإلكترونات الحرة فيه بقوة فتتحرك وتندفع حسب قاعدة فلمنج لليد اليسرى جهة الطرف (ا) وتتجمع عنده يصبح سالب ويصبح الطرف (ب) موجب وبينهما فرق جهد هو القوة الدافعة المستحثة فيمر التيار من (ب) إلى (ا) عبر الملى أميتر فى الدائرة المغلقة، وبذلك يكون الطرف (ب) أعلى جهد من الطرف (أ).

ملاحظات:

١- حيث R المقاومة

$$emf = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -IR$$

ϕ الشحنة

$$= -\frac{\phi}{\Delta t}R$$

n عدد الإلكترونات

$$= \frac{n \times 1.6 \times 10^{-19}}{\Delta t}$$

٢- تغير الفيض إما تغير المساحة مع ثبات كثافة الفيض أو تغير كثافة الفيض مع ثبات المساحة

أمثلة

مثال ١:

ملف عدد لفاته 500 لفة مساحة مقطعه 8 سم٢ وضع عموديًا فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 0.4 تسلا احسب متوسط ق. د. ك المستحثة المتولدة فى الملف فى الحالات الآتية:

١- إذا دار الملف 90° فى زمن 0.1 ثانية.
٢- إذا دار الملف 180° فى زمن 0.1 ثانية.
٣- إذا دار الملف دوره كاملة فى زمن 0.1 ثانية.
٤- إذا زادت كثافة الفيض إلى 1 تسلا فى زمن 0.1 ثانية.

الحل:

$$\because emf = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

١- عند دوران 90° يصبح مستوى الملف موازيا للفيض أى ينعدم الفيض كذلك عند دورانه $\frac{1}{4}$ دورة أو 270° أو $\frac{3}{4}$ دورة أو إنعدام الفيض فإن التغير:

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 - \text{صفر} = BA$$

$$\therefore emf = -N\frac{AB}{\Delta t} = -500 \times \frac{0.4 \times 8\times10^{-4}}{0.1} = -1.6$$ فولت

٢- عند دورانه 180° يقلب الملف ويصبح الفيض ثانيا (-BA)

$$\Delta\phi = BA - (-BA) - 2BA$$

$$emf = -N\frac{2AB}{\Delta t} = -500 \times \frac{2 \times 0.4\times10^{-4}}{0.1} = -3.2$$

٣- إذا دار دورة كاملة أو $360°$ يصبح الفيض ثانيا - الفيض أولاً.

$\therefore$ emf = صفر

٤- إذا زادت كثافة الفيض إلى 1 تسلا يصبح التغير فى كثافة الفيض 0.6 $\therefore$ $\Delta\phi$ = صفر

$$emf = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -500 \times \frac{0.6 \times 8 \times 10^{-4}}{0.1} = -3.2$$

مثال ٢:

قضيب معدنى طوله 50 سم يتحرك فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 0.1 تسلا بسرعة 8 م/ث احسب متوسط ق.د.ك المتولدة فى السلك فى الحالات الآتية:

١- إذا تحرك عموديًا على الفيض.

٢- إذا تحرك موازيا للفيض.

٣- إذا تحرك وكان إتجاه السرعة يصنع زاوية $30°$ مع الفيض.

الحل:

$\therefore$ emf = -B.L.V Sin θ

(عموديا) (1) F = 0.1 x 0.5 x 8 = 0.4 فولت

(موازيا) (2) F = صفر لأن sin o = 0

(3) F = 0.1 x 0.5 x 8xsin 30 = 0.2 فولت

ملحوظة مسائل حركة عقرب الثوانى فى ساعة حائط - أو حركة ريش مروحة - أو سلك مثبت ويدور تحل بطريقتين مع مراعات الآتى:

(أ) تعتبر ملف

$$emf = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{N\Delta B \times \pi r^2}{\Delta t}$$

حيث r يعتبر طول العقرب أو الريشة

أو طول السلك

(ب) تعتبر سلك مستقيم

emf = -BLV ، المتوسطة $V = \frac{2\pi r \text{ (المحيط)}}{\Delta t \text{ الزمن}} \times \frac{1}{2}$

لأن السرعة هـ سرعة طرف السلك أو العقرب والطرف فى المركز ساكن لذلك نأخذ السرعة المتوسطة



مثال ٣:

ساعة حائط توضع على حائط من الشرق للغرب طول عقرب الثوانى 7cm فإذا كانت المركبة الأفقية لمجال الأرض المغناطيسى 0.04T احسب emf المتولدة بين طرفى العقرب.



الحل:

$$emf = \frac{\Delta BA}{\Delta t} = \frac{0.04 \times 3.14 \times (0.07)^2}{60} = 10^{-5} \text{ فولت}$$

حل آخر

$$emf = BLV = 0.04 \times 0.07 \times \frac{2 \times 3.14 \times 0.07}{60} \times \frac{1}{2} = 10^{-5} \text{ فولت}$$

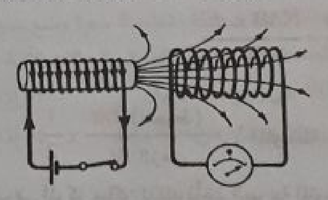
الحث المتبادل بين ملفين

"توليد تيار مستحث فى ملف باستخدام ملف أخر يمر به تيار كهربى".

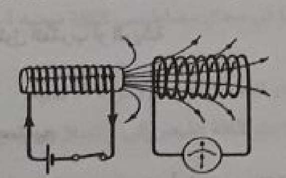
الملف الإبتدائى: هو الملف الذى يمر به التيار الكهربى متغير الشدة فيتولد له مجال مغناطيسى (أى يعمل كمغناطيس).

الملف الثانوى: هو ملف يقطع خطوط الفيض فيتولد فيه ق. د. ك مستحثة وتيار مستحث.

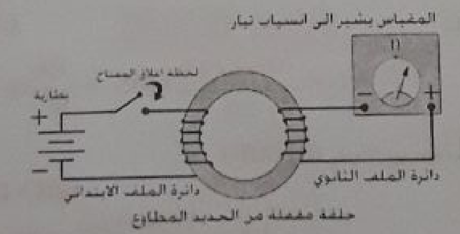
إذا وضع ملفان أحدهما "الإبتدائى" متصل ببطارية ومفتاح بالقرب من الآخر "الثانوى" أو بداخله والثانوى متصل بجلفانومتر حساس صفره فى المنتصف كما بالشكل فإن تغير شدة التيار الكهربى فى أحدهما (الإبتدائى) بسبب تولد قوة دافعة كهربية مستحثة فى الآخر (الثانوى) وتبعًا لقانون فارادای: القوة الدافعة المستحثة المتولدة فى الملف تتناسب طرديًا مع معدل التغير فى الفيض المغناطيس المار بهذا الملف لكن الفيض المغناطيسى يتناسب طرديًا مع شدة التيار فى الملف الأول فإن القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة فى الثانوى تتناسب مع معدل التغير فى شدة التيار فى الملف الإبتدائى



ب) لحظة غلق دائرة الملف الأول فإن قوة دافعة كهربية تتولد فى الملف الثانى



جـ) بعد استقرار الفيض المغناطيسى فإن التيار فى الملف الثانى ينعدم

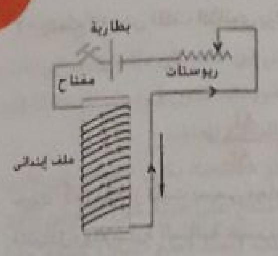


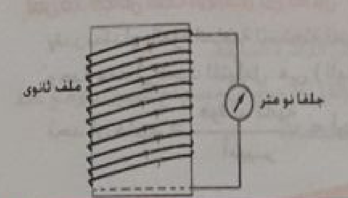
تجربة : لتوضيح الحث المتبادل بين ملفين

(عمليًا) باستخدام ملف ابتدائى وملف ثانوى كما بالشكل والجدول التالى يوضح:

١- طرق الحصول على قوة دافعة مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسى فى الملف الثانوى "أى فى عكس اتجاه القوة الدافعة الكهربية والتيار الكهربى المار فى الملف الابتدائى".

٢- طرق الحصول على قوة دافعة كهربية مستحثة طردية وتيار مستحث طردى فى الملف الثانوى "أى فى نفس اتجاه القوة الدافعة الكهربية والتيار الكهربى فى الملف الإبتدائى".





قوة دافعة مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسى	قوة دافعة مستحثة طردية وتيار مستحث طردى
١- لحظة إدخال الملف الإبتدائى داخل الملف الثانوى. (والإبتدائى به تيار).	لحظة إخراج الملف الإبتدائى من داخل الملف الثانوى. (والإبتدائى به تيار).
٢- لحظة قفل مفتاح الإبتدائى وهو داخل الثانوى.	لحظة فتح مفتاح الإبتدائى وهو داخل الملف الثانوى.
٣- لحظة زيادة شدة التيار فى الملف الإبتدائى عن طريق الريوستات.	لحظة إنقاص شدة التيار فى الملف الإبتدائى عن طريق الريوستات.
القاعدة: (قاعدة لنز) تتولد القوة الدافعة الكهربية المستحثة العكسية والتيار المستحث العكسى لحظة زيادة الفيض المغناطيسى المار بالملف حتى يكون المجال المغناطيسى الناشىء فى اتجاه مضاد ليقاوم زيادة الفيض المغناطيسى.	تتولد القوة الدافعة الكهربية المستحثة الطردية والتيار المستحث الطردى لحظة إنقاص الفيض المغناطيسى المار بالملف حتى يكون المجال المغناطيسى الناشىء عنه فى نفس الإتجاه ليقاوم تناقص الفيض المغناطيسى.

تعريف الحث المتبادل:

هو التأثير الكهرومغناطيسى الذى يحدث بين ملفين متجاورين أو متداخلين بحيث إذا تغير التيار المار فى أحدهما يتأثر الآخر ويقاوم التغير الحادث فى الأول.

حساب ق. د. ك بالحث المتبادل.

١- عند مرور التيار فى الملف الإبتدائى يولد فيض مغناطيسى معدل تغيره يتناسب مع معدل التغير فى شدة التيار.

$$\therefore \frac{\Delta\phi m}{\Delta t} \alpha \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad (1)$$

٢- يقطع الفيض الملف الثانوى يولد فيه ق. د. ك حسب قانون فاراداى:

$$(emf)_2 \ \alpha \ \frac{\Delta \phi m}{\Delta t} \quad (2)$$

$$\therefore (emf)_2 \ \alpha \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \qquad \therefore (emf)_2 = const \ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore (emf)_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

حيث M مقدار ثابت يسمى معامل الحث المتبادل، والإشارة السالبة حسب قاعدة لنز.

تعريف: معامل الحث المتبادل بين ملفين (M)

يقدر بمقدار بالقوة الدافعة المستحثة المتولدة فى أحد الملفين عند تغير شدة التيار فى الملف الأخر بمعدل واحد أمبير كل ثانية

$$M = \frac{(emf)_2}{(\frac{\Delta I}{\Delta t})}$$

وحدة معامل الحث المتبادل: هى (الهنرى)

نجد أن هنرى = $\frac{\text{فولت. ثانية}}{\text{أمبير}}$ = أوم. ثانية = $\frac{\text{وبر}}{\text{أمبير}}$

تعريف الهنرى:

هو مقدار الحث المتبادل بين ملفين يتولد فى إحداهما قوة دافعة مستحثة مقدارها 1 فولت عند تغير شدة التيار فى الملف الأخر بمعدل 1 أمبير/ ثانية.

العوامل التى يتوقف عليها (M) معامل الحث المتبادل بين ملفين.

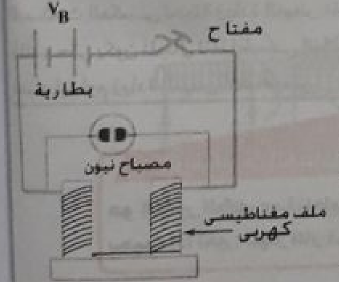
١- عدد لفات الملفين. ٢- نفاذية الوسط. ٣- مساحة الملفين.

٤- حجم الملفين والشكل الهندسى. ٥- المسافة الفاصلة بين الملفين.

الحث الذاتى لملف Self-induction

هو التأثير الكهرومغناطيسى الحادث فى نفس الملف عند تغير شدة التيار فيه زيادة أو نقص.

تجربة لتوضيح الحث الذاتى فى ملف:



يوصل طرفا ملف ملفوف حول ساق حديد عدد لفاته كبير جدًا على التوالى مع بطارية قوتها الدافعة حوالى 6 فولت ويوصل على التوازى مع الملف مصباح نيون يعمل بجهد أكبر من 180 فولت ومفتاح كما بالشكل.

- عند غلق الدائرة يمر تيار فى الملف تعمل كل لفة كمغناطيس قصير وبذلك يتولد فيض مغناطيس كبير.
- عند فتح المفتاح ينهار الفيض المغناطيسى بسرعة فى الملف يولد بين طرفيه ق.د.ك مستحثة كبيرة وطردية (حسب قاعدة لنز) ونشاهد.

(أ) حدوث شرر كهربى عند المفتاح.

(ب) قد يحدث وميض لمصباح نيون إذا كان عدد اللفات كبير.

الاستنتاج: تولد ق. د. ك بالحث الذاتى فى الملف.

تفسير حدوث الشرارة:

تولدت ق. د. ك مستحثة كبيرة فى الملف لحظة اختفاء أو تلاشى الفيض المغناطيسى فى الملف لأن ذلك يؤدى إلى تغير المعدل الزمنى الذى تقطع به كل لفة خطوط الفيض فتتولد فى كل لفة ق. د.ك مستحثة وبذلك تكون ق. د.ك المستحثة فى لفات الملف ككل كبيرة لأن اللفات موصلة معًا على التوالى ويعرف هذا التأثير بالحث الذاتى للملف.

وتعمل القوى الدافعة المستحثة المتولدة فى الملف لحظة فتح المفتاح على توليد تيار مستحث يكون اتجاهه فى نفس إتجاه التيار الأصلى "تبعًا لقاعدة لنز" لذلك يمر شحنات هذا التيار بين طرفى المفتاح على هيئة شرر كهربى لكبر ق.د.ك الناتجة حيث أن عدد لفات الملف كبيرًا تكون ق.د.ك المستحثة المتولدة فى الملف (عند قطع التيار) كبيرة جدًا بالنسبة للقوة الدافعة الكهربية للبطارية المستخدمة فى الدائرة.

ويمكن توضيح ذلك باستخدام مصباح نيون يوصل على التوازى بين طرفى الملف فى نفس الدائرة السابقة.

فإذا علمنا أن مصباح النيون يحتاج لجهد يصل إلى 180 فولت لتوهجه فإننا نلاحظ أن مصباح النيون يتوهج عند كل فتح للدائرة، أى عند لحظة قطع التيار فى الدائرة دلالة على كبر ق.د.ك المستحثة.

حساب ق. د. ك بالحث الذاتى فى ملف

القوة الدافعة المستحثة تتناسب طرديًا مع المعدل الزمنى لتغير الفيض المغناطيسى.

المعدل الزمنى لتغير الفيض المغناطيسى يتناسب طرديًا مع المعدل الزمنى لتغير شدة التيار فى الملف.

$$\therefore emf \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

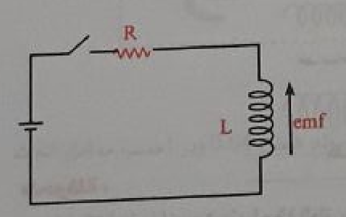
$$emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث (L) ثابت التناسب ويعرف معامل الحث الذاتى، الإشارة السالبة (-) تدل على أن ق. د. ك المستحثة تعاكس التغير المسبب لها (قاعدة لنز)، ويسمى المقدار $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ = معدل نمو التيار فى ملف الحث ويحسب من العلاقة:

$$V_B - L\frac{\Delta I}{\Delta t} = I.R$$

فى الدائرة الموضحة لحظة الغلق:

حسب قانون كيرشوف:



$$VB - IR - L\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

$$VB = IR + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L = -\frac{emf}{\Delta t/\Delta t}$$ هنرى

معامل الحث الذاتى للملف (L)

يقدر بمقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة فى نفس الملف عندما تتغير شدة التيار فيه بمعدل واحد أمبير كل ثانية (أى عندما يكون المعدل الزمنى لتغير التيار يساوى الوحدة).

وحدة قياس الحث الذاتى لملف هى الهنرى. (نسبة إلى العالم الأمريكى هنرى).

الهنـــرى:

هو معامل الحث الذاتى لملف الذى يولد قوة دافعة كهربية مستحثة تساوى واحد فولت عندما يتغير التيار فيه بمقدار واحد أمبير فى الثانية الواحدة.

العوامل التى يتوقف عليها معامل الحث الذاتى للملف (L)

١- شكله الهندسى. ٢- طول الملف. ٣- عدد لفاته.

٤- النفاذية المغناطيسية لقلب الملف. ٥- مساحة مقطعه.

والعلاقة التى تربطها معا هى: $L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$

رمز الملف :

ملف متغير الحث ملف قلبه حديد ملف قلبه هو

إستنتاج العلاقة:

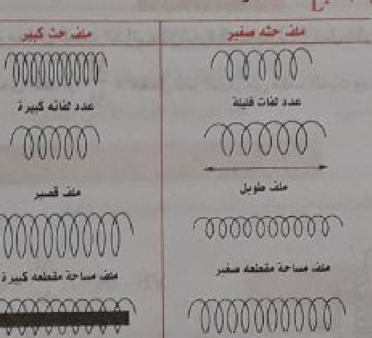
$\because emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -N\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$

$\therefore L.\Delta I = N.AB$

$L.\Delta I = N.A\frac{\mu \Delta I . N}{\ell}$

منها $L = \frac{\mu A N^2}{\ell}$

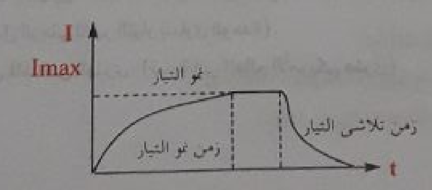
أو $L = \frac{\mu N^2}{L^2}(V_{ol})$ حجم الملف = V_{ol}

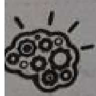


ملف حثه صغير	ملف حث كبير
عدد لفات قليلة	عدد لفاته كبيرة
ملف طويل	ملف قصير
ملف مساحة مقطعه صغير	ملف مساحة مقطعه كبيرة
ملف قلبه هوائى	ملف قلبه حديد

ملحوظة:

ينمو التيار فى ملف حث عند لحظة الغلق ببطئ بسبب تولد e.m.f عكسية حيث عندما يمر التيار فى اللفة الأولى يولد فيض يقطع باقى اللفات يولد e.m.f عكسية تساوى emf للمصدر تعوق التيار فينمو التيار ببطء ولكن عند قطع التيار ينهار بسرعة لوجود مقاومة الهواء عند فتح المفتاح وينعدم التيار سريعًا فيكون معدل تغير التيار كبير فيولد e.m.f طردية كبيرة جدًا تستطع عمل شرر كهربى وإضاءة مصباح النيون كما بالشكل ولكن إذا كان هناك طريق آخر عند فتح الدائرة يكون زمن النمو = زمن الانهيار.





معلومة إثرائية

حساب شدة التيار بعد زمن t من لحظة الغلق $I = \frac{V_B}{R}(1 - e^{\frac{-Rt}{L}})$

يسمى المقدار $\frac{L}{R}$ الثابت الزمنى وحداته ثانية

أسئلة

علل: ينمو التيار بسرعة فى سلك مستقيم إلى القيمة التى يحددها قانون أوم بينما يتأخر فى ملف حث.

لأن فى حالة السلك المستقيم لا تتولد فيه ق. د. ك عكسية نظرًا لأن الفيض الناتج عن مرور التيار فيه لا يقطع السلك فلا تتولد فيه ق.د.ك عكسية تؤخر نمو التيار بينما فى حالة الملف الفيض الناتج عنه يقطعه الملف فيولد فيه ق.د.ك عكسية تعمل على تأخير نمو التيار فيه.

علل لما يأتى: يراعى فى عمل ملفات المقاومة العيارية أن يكون السلك ملفوف مزدوجًا.

حتى يكون إتجاه التيار المار فى أحد فرعى الملف مضاد لإتجاهه فى الفرع الأخر فيكون مجالهما المغناطيسى متضادين ومتساويين فيلغى كل منهما الأخر وبذلك ينعدم الحث الذاتى للملف ويقال أنها مقاومة عديمة الحث (ملف عديم الحث).



أمثلة

مثال ١: ملف لولبى عدد لفاته 200 لفة يمر به تيار 10 أمبير عندما ينعدم يولد فيض 0.04 وبر احسب معامل الحث الذاتى للملف.

الحل:

$$\because emf = -L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{\Delta \phi m}{\Delta t}$$

$$\therefore -L_2 \frac{10}{\Delta t} = 200 \frac{0.04}{\Delta \tau} \quad \therefore L = 0.8$$ هنرى

مثال ٢:

ملفان متجاوران معامل الحث المتبادل لهما 0.8 هنرى فإذا كانت شدة التيار فى الملف الأول 10 أمبير وقطع التيار فى زمن 2 مللى ثانية أوجد ق. د. ك المتولد بالحث فى الملف الثانى وإذا كان عدد لفات الملف الثانى (الثانوى) 500 لفة أوجد مقدار التغير فى الفيض الذى يخترقه.

الحل:

$$(emf)_2 = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -0.8\frac{(10-0)}{2\times10^{-3}} = -0.8\times5000 = 4000 \text{ فولت}$$

ثانيا

$$(emf)_2 = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad \therefore 4000 = -500\frac{\Delta\phi}{2\times10^{-3}}$$

$$\therefore \Delta\phi = 16\times10^{-3} \text{ وبر}$$

مثال ٣:

ملف حث معامل حثه الذاتى 0.1 هنرى ومقاومته 20Ω وصل مع بطارية قوتها الدافعة 60V أوجد:

١- ق.د.ك المستحثة فى الملف لحظة غلق الدائرة.

٢- معدل نمو التيار لحظة غلق الدائرة.

٣- معدل نمو التيار عندما يصل التيار إلى 3/4 قيمته.

٤- شدة التيار العظمى.

٥- معدل نمو التيار عندما يصبح التيار قيمة عظمى.



الحل:

١- لحظة غلق الدائرة تكون ق.د.ك المستحثة عكسية = -60V

$$2- \therefore emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad \therefore -60 = -0.1\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right) \qquad \therefore \left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right) = 600\ A/S$$

$$3- -\frac{1}{4}\times 60 = -0.1\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right) \qquad \frac{\Delta I}{\Delta t} = 150\ A/S$$

$$4- I_{max} = \frac{e.m.f}{R} = \frac{60}{20} = 3A$$

٥- عندما يصل التيار إلى قيمته العظمى يكون معدل النمو = صفر.

إضاءة مصباح الفلورست (تطبيق على الحث الذاتى):

وهو مصباح يتصل به ملف على التوالى حيث يتم تفريغ الطاقة المغناطيسية المختزنة فيه إلى طاقة كهربية فى أنبوبة مفرغة من الهواء وبها غاز خامل فى بداية التشغيل يسبب تصادم بين ذراته التى تتأين وتصطدم الأيونات بسطح الأنبوبة الداخلى وهو مغطى بطبقة من مادة فلوريسية تحدث وميض وضوء لونه حسب نوع المادة الفلوريسية (ويعتبر ملف خانق يضعف التيار فى المصباح) ويوضح فى بعض المبات بخار زئبق وتغطى بمركبات زئبق عندما تصدم به الإلكترونات والأيونات (تنبعث الأشعة فوق البنفسجية الناتجة) وهى تصدم بالمادة الفلوريسية يعطى اللون الأبيض.

التيارات الدوامية Eddy's Currents

ماهى: هى التيارات التى تنشأ داخل قالب معدنى مصمت عندما:

١- يوضع داخل مجال مغناطيسى متغير أو يتحرك فى مجال مغناطيسى.

٢- عندما يلف حوله ملف يمر به تيار كهربى متغير.

ما سبب تولدها:

المجال المغناطيسى المتغير يقطع القالب المعدنى المصمت يولد فيه تيارات مستحثة عمودية على المجال تسمى تيارات دوامية أو (إعصارية).

أضرار التيارات الدوامية:

فى بعض الأجهزة الكهربية مثل المحولات الكهربية تلف ملفاتها على قلب من الحديد المطاوع لتركيز الفيض المغناطيسى وتكثيفه فيتولد فى القلب الحديدى تيارات دوامية تعمل على:

(أ) فقد جزء من الطاقة الكهربية على صورة حرارة داخل القالب.

(ب) تسبب الحرارة سخونة الجسم المعدنى وتتلف المادة العازلة للملفات. فيتلف الملف.

الحد من التيارات الدوامية:

يقسم القلب الحديدى الذى تلف عليه الملفات إلى سيقان رفيعة معزولة أو صفائح رقيقة من الحديد المطاوع معزولة موازية لحور الملف فتزداد مقاومة القلب الحديدى فتضعف شدة التيارات الدوامية، ويقل الطاقة الكهربية المفقودة على هيئة حرارة داخله.

الإستفادة من التيارات الدوامية (فى عمل فرن الحث) Induction furnace

فى صهر الفلزات كما فى أفران الحث.

تحولات الطاقة فى فرن الحث:

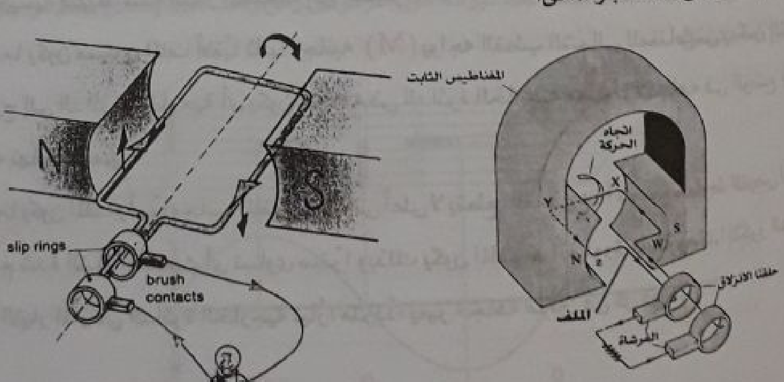
الطاقة الكهربية (تيار متردد) ⟵ طاقة مغناطيسية (مجال مغناطيسى متغير) ⟵ طاقة كهربية (تيارات دوامية) ⟵ طاقة حرارية

مولد التيار المتردد (الدينامو) Dynamo

الغرض منه تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركة) إلى طاقة كهربية فى وجود المجال المغناطيسى.

فكرة عمله عندما يدور ملفه فى مجال مغناطيسى فإنه يقطع خطوط الفيض المغناطيسية فى المجال فتتولد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار مستحث.

تركيبه كما بالشكل من ثلاثة أجزاء هى:



(ا) مغناطيس المجال:

وهو مغناطيس قوى يمكن أن يكون مغناطيسيًا دائمًا أو مغناطيسًا كهربيًا.

(ب) عضو الإنتاج الكهربى:

عبارة عن ملف من السلك مكون من عدة لفات قابلة للدوران بين قطبى المغناطيس (يلف حول أسطوانة مقسمة إلى أقراص معزولة.

(جـ) حلقتان معدنيتان:

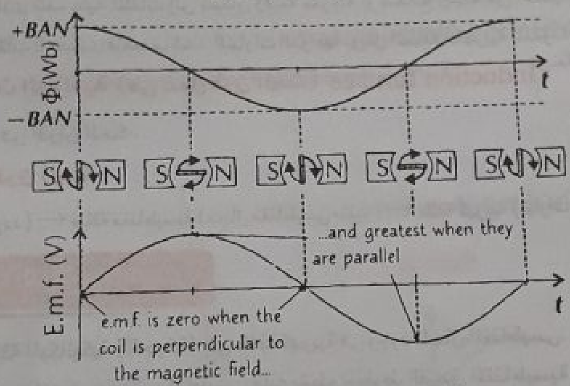
تتصلان بنهايتى الملف وتدوران مع دوران الملف فى المجال المغناطيسى وتلامس كل واحدة من الحلقتين المنزلقتين فرشاة من الجرافيت والفرشتان ثابتتان والتيارات المستحثة فى الملف تمر إلى الدائرة الخارجية خلال هاتين الفرشتين

شرح العمل:

١- يزود المولد بالطاقة الميكانيكية اللازمة لدوران الملف "عضو الإنتاج الكهربى" فى المجال المغناطيسى وتكون الطاقة الكهربية الناتجة على هيئة تيار مستحث متغير الشدة والاتجاه كما يتضح من تتبع حركة الملف خلال دورة كاملة.

(ا) فى البداية يكون مستوى الملف عمودى على خطوط الفيض والجانب (M) إلى أعلى تكون ق. د ك المستحثة = صفر، شدة التيار المستحث = صفر.

(ب) عندما يكون الملف أفقيًا وجانب الملف (M) يواجه القطب الجنوبى للمغناطيس وفى هذا الوضع تكون شدة التيار نهاية عظمى ويخرج التيار فى الدائرة الخارجية كما بالشكل.



(جـ) عندما يكون مستوى الملف رأسيًا وجانبه (M) إلى أسفل وفى هذا الموضع لا يقطع الملف أية خطوط فيض مغناطيسية فتهبط شدة التيار المستحث إلى الصفر.

(د) وعندما يكون مستوى الملف أفقيًا ثانيًا وجانبه (M) يواجه القطب الشمالى للمغناطيس يعكس التيار اتجاهه ويخرج إلى الدائرة الخارجية أى يكون اتجاهه فى الدائرة الخارجية معاكسًا لاتجاهه فى الوضع (ب) وتكون شدته نهاية عظمى.

(هـ) وعندما يكون الملف رأسيًا وجانب الملف (M) إلى أعلى لا يقطع الملف فى هذا الوضع خطوط الفيض المغناطيسية وتنعدم شدة التيار المستحث أى تساوى صفرًا وبذلك يكون الملف قد أتم دورة كاملة وهكذا تتكرر الدورات لهذا يكون التيار المار فى الدائرة الخارجية تيارًا مترددًا يغير اتجاهه مرتين فى كل دورة.

حساب القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة فى ملف الدينامو:

١- عند دوران الملف تتولد ق.د.ك فى الضلع L تحسب العلاقة:

$$e.mf = B . L . v \sin \theta$$

حيث (L) طول جانب الملف، (V) سرعة حركته فى المجال المغناطيسى، (B) كثافة الفيض المغناطيسى للمجال، (θ) هى الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة (V) واتجاه كثافة الفيض (B) عند لحظة معينة أى بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض أو بين العمودى على خطوط الفيض مستوى الملف.

٢- عندما يدور الملف فى دائرة نصف قطرها (r) تكون السرعة اللحظية (V) اللحظية

$$V = \omega r \qquad \therefore emf = BL\ \omega r \sin\theta$$

حيث ω هى السرعة الزاوية.

٣- تتولد فى الجانب المقابل قوة دافعة كهربية مستحثة مماثلة ولا تتولد فى الضلعين الآخرين أية قوة دافعة مستحثة.

عرض الملف 2r وطوله L

$$emf = 2B.L\omega r \sin\theta$$

∵ ق.د.ك المستحثة الكلية هى:

$$\therefore emf = B.A.\omega r \sin\theta$$

لكن $A = L X 2r$ (مساحة وجه الملف)

فإذا كان عدد لفات الملف (N) تكون ق.د.ك المستحثة اللحظية هى:

$$emf = N.B.A.\omega \sin\theta$$

السرعة الزاوية ω تحسب:

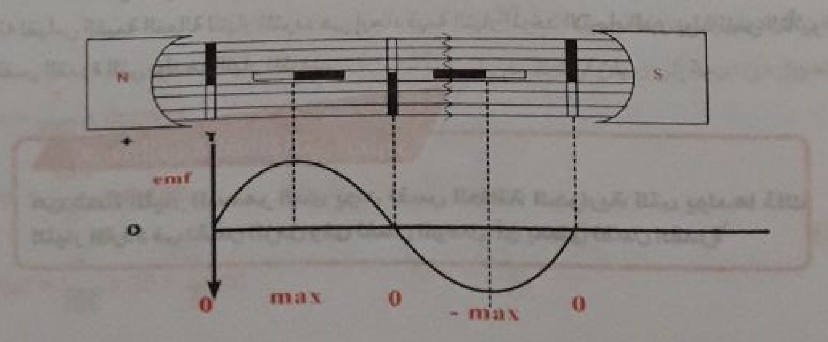
$$\omega = \frac{\theta}{T} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

أى أن القوة الدافعة المستحثة تتغير قيمتها جيبيًا مع الزمن.

$$V = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi f.r = \omega r$$

تعريف السرعة الزاوية:

هى الزاوية التى يمسحها نصف القطر عند دورانه حول المركز فى زمن واحد ثانية وتقاس بوحدة رديان/ث أى يمثلها منحنى جيبى كما بالشكل:





ق. د. ك المستحثة = صفر عندما يكون $\theta = 0$ أى مستوى الملف عموديًا.

ق. د. ك المستحثة =نهاية عظمى عندما تكون: $\theta = 90$ أى مستوى الملف موازيا أى تصل قيمتها من صفر إلى نهاية عظمى فى ربع دورة، وعلى ذلك تتعين ق.د.ك المستحثة العظمى من العلاقة:

$$(emf)_{max} = N\ B\ A\ \omega$$

وتحسب ق . د. ك اللحظية من العلاقة $emf = emf_{(max)} \sin\theta$

لكن $\theta = \omega t = 2\pi f t$ الزاوية بين العمود على مستوى الملف وخطوط الفيض I حيث (t) هى الفترة الزمنية التى يدورها الملف من وضعه الأصلى حتى اللحظة التى تحسب فيها القوة الدافعة، (f) هى التردد أى عدد دورات ملف الدينامو فى الثانية الواحدة.

$$emf = B\ A\ N\ 2\pi f \sin 2\pi f t \qquad emf = (emf)_{max} \sin 2\pi f t$$

مما سبق يمكن تعريف التيار المتردد:

التيــار المتــردد:

هو ذلك التيار الذى تتغير شدته من الصفر إلى نهايتها العظمى وتعود للصفر فى إتجاه معين فى نصف الدورة الأول ثم تتغير شدته من الصفر إلى نهايتها العظمى وتعود للصفر فى الاتجاه المضاد فى نصف الدورة الثانية وهكذا.

- عدد مرات وصول التيار المتردد إلى الصفر فى 1 ثانية $= 1 + 2f$
- وعدد مرات وصوله إلى القيم العظمى فى 1 ثانية $= 2\nu$

القيمة الفعالة للتيار المتردد Effective Value

تغيرات شدة التيار المستحث تتبع نفس تغيرات ق. د.ك المستحثة خلال الدورة الكاملة من دورات الملف "عضو الإنتاج" أى أن التيار المستحث يتناسب طرديًا مع القوة الدافعة المستحثة لذا يكون التيار المستحث اللحظى:

(لحظى) $I = I_{max} \sin 2\pi f t$

أى أن التيار المستحث يصل نهايته العظمى فى نفس اللحظة التى تصل فيها ق.د.ك المستحثة نهايتها العظمى وينعدم عندما تنعدم القوة الدافعة المستحثة.

القيمة المتوسطة لتيار متردد تساوى الصفر فى دورة كاملة لأن شدة التيار المتردد تتغير من (Imax) إلى (-Imax) ومع ذلك تستنفد طاقة كهربية كطاقة حرارية نتيجة لحركة الشحنة الكهربية لأن معدل الطاقة الكهربية تتناسب طرديًا مع مربع شدة التيار ولذا ليست هناك أهمية إذا كان التيار سالبًا أو موجبًا لأن I^2 دائمًا كمية موجبة ووجد أنه لقياس القيمة الفعالة للتيار المتردد هى إيجاد قيمة التيار الموحد الاتجاه الذى يولد نفس التأثير الحرارى أو الذى يولد نفس القدرة التى يولدها التيار المتردد.

تعريف: القيمة الفعالة للتيار المتردد

هى شدة التيار المستمر الذى يولد نفس الطاقة الحرارية التى يولدها ذلك التيار المتردد فى نفس الزمن وفى نفس الموصل. أى يعطى نفس القدرة

وقد وجد أن:

$$Ieff = 0.707\ I(max) = \frac{I(max)}{\sqrt{2}}$$

بالمثل تحسب القوة الدافعة الكهربية الفعالة من العلاقة: $(emf)_{eff} = 0.707\ (emf)_{max}$

كما يطلق على القيمة الفعالة (r.m.s) جذر متوسط مربع التيار (root mean square)

ملاحظات هامة للغاية:

١- لاحظ حساب (e.m.f) المتوسطة خلال فترة في الدينامو تتوقف على بداية ونهاية تلك الفترة.

٢- نحسب المتوسطة من العلاقة 1 ⟵ $emf = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

٣- فى البداية فى الدينامو يكون مستوى الملف عموديًا على الفيض ويكون الفيض فى هذا الوضع $\phi = BA$ وعندما يكون مستوى الملف موازيًا (أفقيًا) يكون الفيض الذى يقطع الملف = صفر.

٤- إذا كان التردد فى الدينامو = f أن عدد الدورات فى 1 ثانية = f يكون الزمن الدورى $T = \frac{1}{f}$ وزمن ربع دوره = $\frac{1}{4f}$ ، وزمن نصف دوره $\frac{1}{2f}$ ، وزمن $\frac{3}{4}$ دوره = $\frac{3}{4f}$.

٥- عند حساب e.m.f المتوسطة (خلال فترة) تشوف ϕ فى بداية الفترة وفى نهايتها والتغير فى الفيض $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ ويقسم على زمن التغير ونعوض فى العلاقة 1 والتغير فى الفيض قيمة موجبة بدون الإشارة.

٦- عند دوران الدينامو نجد أن متوسط e.m.f فى ربع دورة يساوى متوسطها فى نصف دورة وذلك لأن معدل تغير الفيض ثابت خلال نصف وربع من البداية وتكون $emf = 4BANf$

٧- ولكن متوسط e.m.f فى $\frac{3}{4}$ دورة من البداية أو من الوضع الأفقى $emf = \frac{4}{3}BANf$ أى تساوى ثلث المتوسط فى ربع دورة.

٨- ولكن متوسط e.m.f خلال نصف دورة بدأ من الوضع الأفقى حيث صفر = ϕ_1 صفر = ϕ_2 يكون صفر = $\Delta\phi$ وتكون $e.m.f = 0$

٩- وتكون متوسط e.m.f خلال دورة كاملة = صفر لعدم وجود تغير.

١٠- علاقة e.m.f المتوسط فى الدينامو خلال دوره أو نصف دورة بالقيمة العظمى هى

$$emf_{المتوسطة} = 0.63\ emf_{max} = \frac{2}{\pi}emf_{max}$$

الإثبات: $emf_{max} = BAN2\pi f$. $emf_{متوسطة} = 4BANf$

بالقسمة نحصل على المعادلة السابقة.

١١- التحويل من الراديان إلى درجة نضرب $57.3\ x$

والعكس التحويل من درجة إلى رديان / ث تقسم على 57.3

$Radian = \frac{\pi}{180}x\ degrees$, $\pi = 3.14$

$Degrees = \frac{180}{\pi}x\ radian$

فمثلا (30^o) ,

$30^o,\ Rad = \frac{\pi}{180}x\ 30 = \frac{\pi}{6}rad$

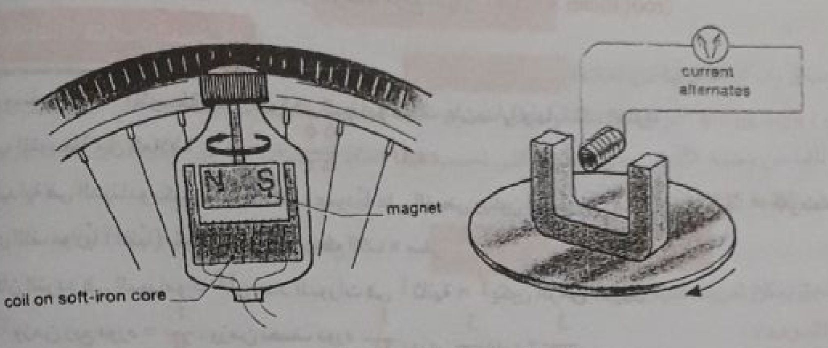


ما هى θ:

١- هى الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض.

٢- هى الزاوية المحصورة بين العمودى على خطوط الفيض ومستوى الملف.

٣- هى الزاوية التى يدورها الملف من وضع الصفر العمودى.



دينامو الدراجة المغناطيس هو الذى يدور

حساب (ω)

فى التقدير الستينى (الدرجات) تكون

$\omega = 2\pi f$ $\qquad \pi = 180$

وفى التقدير الدائرة لـ (ω) تكون

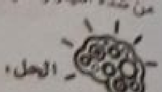
$$\pi = \frac{22}{7}$$

وفى حالة الدرجات تكتب علاقة الدرجة

$(2\pi f t^{o})$

أمثلة

مثال ١:
إذا كانت شدة التيار الفعالة فى المنزل هى 15 أمبير والقوة الدافعة الفعالة هى 220 فولت. أوجد القيمة العظمى لكل من شدة التيار والقوة الدافعة فى المنزل.



الحل:

$$I_{eff} = 0.707\, I_{max} \qquad \therefore I_{max} = \frac{15}{0.707} = 21.2$$ أمبير

بالمثل : $$(emf)_{max} = \frac{220}{0.707} = 311.17$$ فولت

مثال ٢:
ملف مستطيل أبعاده (40 × 25 سم) يتكون من 600 لفة يدور بسرعة 50 دورة / ثانية فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 35×10^{-4} وبر/م٢ أوجد:

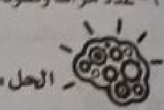
١- ق. د.ك العظمى. ٢- ق. د.ك الفعالة.

٣- ق. د.ك عندما يصنع العمودى على مستوى الملف زاوية 30° مع الفيض.

٤- ق. د.ك عندما يصنع مستوى الملف زاوية 30° مع الفيض.

٥- عدد مرات وصول التيار المتردد إلى الصفر فى ثانية.

٦- عدد مرات وصوله إلى القيمة العظمى فى ثانية.



الحل:

$(emf)_{(max)} = N.A.B\omega$

$\therefore \omega = 2\pi f$

1- $(emf) = 600 \times 40 \times 25 \times 10^{-4} \times 35 \times 10^{-4} \times \frac{22}{7} \times 50 \times 2 = 66$ فولت

2- $(emf)_{(eff)} = 66 \times 0.707 = 46.6$ فولت

3- $(emf) = B.A.N\,\omega \sin 30 = 66 \times = 33$ فولت

4- $\varepsilon = B.A.N\,\omega \sin 60 = 57.16$ فولت

5- $2f + 1 = 2 \times 50 + 1 = 101$ عدد مرات وصوله للصفر

6- $2f = 100$

مثال ٣:
ملف مساحته 200 سم٢ عدد لفاته 200 لفة يدور بسرعة 1200 دورة فى الدقيقة فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 0.14 تسلا. أوجد ق.د.ك العظمى ثم أوجد ق.د.ك بعد $\frac{1}{240}$ ثانية مر فى بدأ الدوران من الوضع الرأسى.



الحل:

$$(emf)_{(max)} = B.A.N\,\omega$$
$$= 0.14 \times 200 \times 10^{-4} \times 200 \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{1200}{60} = 70.4 \text{ فولت}$$
$$= B.A.N\,\omega \;\sin \omega t = 70.4 \sin (2 \times 180 \times \frac{1200}{60} \times \frac{1}{2400})$$
$$= 70.4 \sin 30 = 35.2 \text{ فولت}$$

مثال ٣:

ملف مكون من 500 لفة مساحة كل منهما 100 سم٢ يدور بسرعة 1500 دورة/ دقيقة فى مجال منتظم كثافة فيضه 4.2×10^{-3} تسلا، احسب:

أولاً: متوسط القوة الدافعة المستحثة المتولدة عند دوران الملف $\frac{1}{4}$ دورة.

ثانيًا: ق.د.ك المستحثة اللحظية عندما يميل مستوى الملف بزاوية $60°$ على الفيض.

ثالثًا: النهاية العظمى للقوة الدافعة المستحثة.

رابعًا: ق.د.ك المستحثة المتولدة بعد $\frac{1}{50}$ ثانية من الوضع الرأسى للملف.

خامسًا: ق.د.ك المستحثة المتولدة بعد $\frac{1}{50}$ ثانية من الوضع الأفقى للملف.

الحل:

مقدار التغير فى الفيض = $\Delta B.A$

$$emf_{(\text{المتوسطة})} = \frac{-N\,(\Delta\phi)}{\Delta t}$$

لأن الملف دار $90°$ من الوضع الرأسى إلى الوضع الأفقى.

$$emf = \frac{-500 \times BA}{\Delta t} = -\frac{500 \times 4.2 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^{-4}}{\Delta t}$$

$$\therefore f = \frac{1500}{60} = 25 \text{ Hz}$$

$$\therefore \text{زمن الدورة} = \frac{1}{f} = \frac{1}{25} \text{ ثانية}$$

$$\text{زمن } \frac{1}{4} \text{ دورة} = \frac{1}{25} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{100} \text{ ثانية}$$

$$\therefore emf = -\frac{500 \times 42 \times 10\text{-}4 \times 100 \times 10^{-4}}{\frac{1}{100}} = 2.1 \text{ فولت}$$

ثانيا $\therefore \theta = 30^\circ \qquad emf = -NBA\omega \sin\theta$

$emf = 500 \times 100 \times 10^{-4} \times 42 \times 10^{-4} \times 2\pi f \quad \sin 30$

$emf \; 5 \times 42 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times 25 \times \frac{1}{2} = 1.65$ فولت

ثالثا $emf_{max} = NBA\omega = 500 \times 42 \times 10^{-4} \times 100 \times 10^{-4} \times \frac{22}{7} \times 2 \times 25$

$emf_{max} = 3.3 \quad V$

رابعا: نحول الزمن إلى زاوية بالتقدير الستينى $\theta = \omega t = 2\pi \; ft$

والسرعة الزاوية × الزمن = الزاوية حيث $\pi = 180^\circ$

$\therefore \theta = 2\pi ft = 2 \times 180 \times 25 \times \frac{1}{50} = 180^\circ$

الملف فى الموضع الرأسى ثم دار الملف زاوية 180 من هذا الوضع يصبح الملف رأسيا أيضا فى الوضع المعكوس.

$\therefore emf = 0$

خامسا: وإذا دار الملف زاوية 180° من الوضع الأفقى يصبح الملف فى الوضع الأفقى المعكوس وصبح ق.د.ك =

$\therefore emf_{max} = 3.5$ فولت

مثال ٤:

تيار متردد قيمته الفعالة 2.828A وتردده 50Hz احسب:

(أ) القيمة العظمى لشدة التيار.

(ب) شدة التيار اللحظى بعد $\frac{1}{600}$ ثانية من بدأ الدوران.

الحل:

(أ) $I_{max} = \frac{I_{eff}}{0.707} = \frac{2.828}{0.707} = 4A$

(ب) $I_{لحظى} = I_{max} \sin\omega t = I_{max} \sin(2\pi f t)$

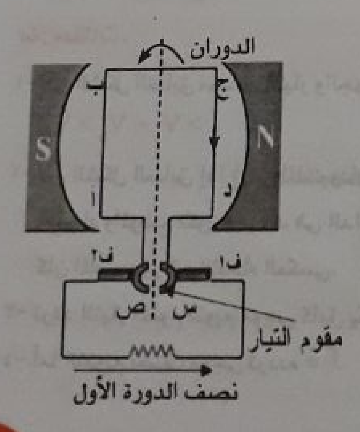
$= 4 \sin(2 \times 180 \times 50 \times \frac{1}{600})\; 4 \sin 30 = 2A$

تقويم التيار المتردد فى المولد الكهربى

أى توحيد اتجاه التيار المتردد فى المولد الكهربى لكى يصلح للأغراض الآتية:

١- تحضير بعض الفلزات بالتحليل الكهربى. ٢- طلاء المعادن بالتحليل الكهربى.

٣- شحن المراكم (البطاريات).



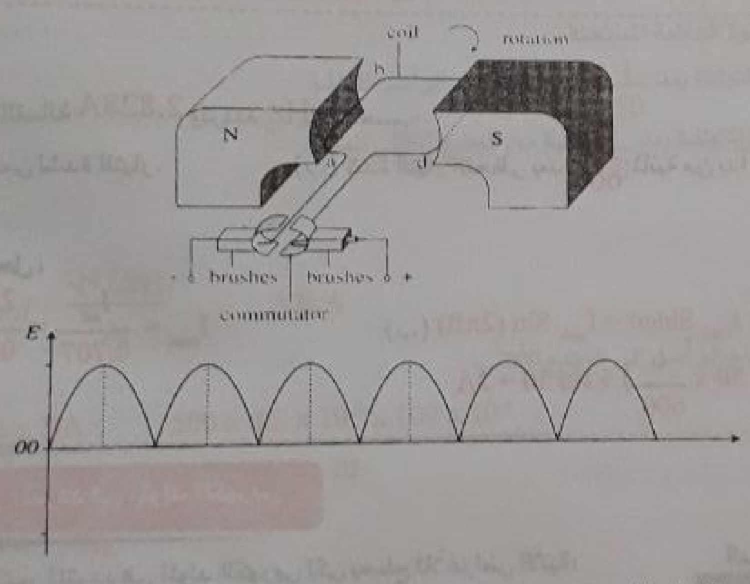
ويستخدم لذلك مقوم التيار (مقوم معدنى من الحلقتين المعدنيتين وهو عبارة عن نصفى اسطوانة معدنية جوفاء مشقوقة فى اتجاه محورها إلى نصفين (س،ص) كما فى الشكل ويثبت النصفان على محور الدوران ويعزلان عن بعضهما بمادة عازلة على أن يكون مستوى الشق عموديًا على مستوى الملف.

ويلامس نصفى الأسطوانة س ، ص أثناء دورانهما فرشتان ف١ ، ف٢ وبذلك تلامس الفرشتان الشقين العازلين فى اللحظة التى تكون فيها القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى الملف صفرًا.

يبدأ الملف فى الدوران فى الاتجاه الموضح بالشكل وبذلك تكون الفرشة ف١ ملامسة لنصف الأسطوانة (س) والفرشة ف٢ ملامسة لنصف الأسطوانة (ص) ويمر التيار الكهربى فى الملف فى الاتجاه أ ب جـ د وفى الدائرة الخارجية من الفرشة (ف١) إلى الفرشة (ف٢) خلال النصف الأول من الدورة.

فى النصف الثانى من الدورة يعكس التيار اتجاهه فى الملف ويصبح فى الاتجاه (د جـ ب أ) كما تصبح (ف١) ملامسة لنصف الأسطوانة (ص) كما بالشكل وبذلك يمر التيار فى الدائرة الخارجية من الفرشة ف١ إلى الفرشة ف٢ وهو نفس اتجاهه فى النصف الأول من الدورة.

باستمرار الدوران تظل (ف١) موجبة والفرشة (ف٢) دائمًا سالبة أى يكون التيار الكهربى فى الدائرة الخارجية موحد الاتجاه. كما فى الشكل.



ملاحظات:

١- فى الشكل السابق مصدر التيار والجهد هو الملف فيكون جهد الطرف d أعلى من جهد نقطة (a) ويكون الترتيب $V_d > V_c = V_b > V_a$

٢- فى الشكل السابق إذا ثبتت الملف ودار المغناطيس دوره كاملة فى نفس الإتجاه والموضع تكون ق.د.ك فى الدائرة الخارجية متردده أى كما لو كان الملف يدور فى الاتجاه العكسى.

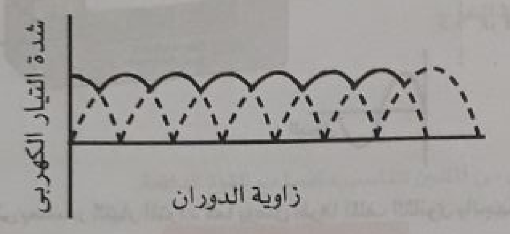
٣- تردد التيار المقوم تقويم موجى كامل يكون 2f أى ضعف تردد المولد الكهربى المتردد.

٤- أما التقويم نصف موجى تردده = f.

تثبيت شدة التيار :

القوة الدافعة الكهربية المتولدة موحدة الاتجاه لكن مقدارها يتغير من الصفر إلى النهاية العظمى ثم إلى الصفر كل نصف دورة من دورات الملف للحصول على تيار كهربى موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريبًا.

أولاً : يستخدم ملفان متعامدان بدلاً من ملف واحد كما بالشكل ويكون مقوم التيار على شكل أسطوانة معدنية مجوفة مشوقة إلى أربعة أجزاء متساوية معزولة بعضها عن البعض يتصل كل ربعين متقابلين بطرفى أحد الملفين والفرشتان $ف_1$ ، $ف_2$ مثبتان بحيث تلامسان كل ربعين من الأسطوانة عندما يكون الملف المتصل بهما موازيًا لخطوط الفيض المغناطيسى أى عندما تكون القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى هذا الملف نهاية عظمى بينما تكون القوة الدافعة الكهربية فى الملف الآخر صفرًا لأنه يكون متعامدان على الفيض.



وباستمرار الدوران تكون شدة التيار فى الدائرة الخارجية متغيرة ولكنها لا تصل للصفر (تيار موحد الاتجاه متغير الشدة وغير منقطع كما بالشكل ويزيد شدة التيار الفعالة.

ثانيًا : بزيادة عدد الملفات المستخدمة بحيث تكون الزوايا بين مستوياتها صغيرة ومتساوية وتقسم أسطوانة التقويم المعدنية إلى أجزاء صغيرة ومتساوية ومعزولة بعضها عن بعض وعددها ضعف عدد الملفات فيقل بذلك التغير فى شدة التيار وتكون شدته قريبة من النهاية العظمى كما فى الشكل وتكون القيمة الفعالة مساوية تقريبًا القيمة العظمى.

∴ يصبح التيار موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريبًا كما بالشكل.

شدة التيار الكهربى

زاوية الدوران

التيار المتردد : هو تيار متغير الشدة ومتغير الإتجاه.

التيار الموحد : هو تيار متغير الشدة ثابت الاتجاه.

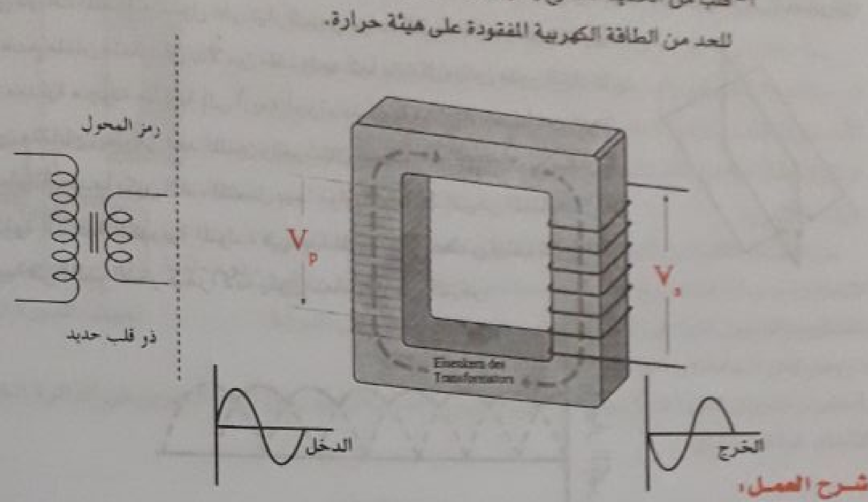
التيار المستمر : هو تيار ثابت الشدة وثابت الاتجاه.

المحول الكهربى Electric Transformer

فكرته : تعتمد فكرة عمله على الحث المتبادل بين ملفين.

الغرض منه : يستخدم لرفع أو خفض القوة الدافعة الكهربية المترددة فقط كما بالشكل من.

تركيبه : ١- ملفين إحدهما ابتدائى والأخر ثانوى.
٢- قلب من الحديد المطاوع يتكون من شرائح رقيقة معزولة عن بعضها وذلك للحد من التيارات الدوامية أى للحد من الطاقة الكهربية المفقودة على هيئة حرارة.



شرح العمل:

١- يوصل طرفا الملف الإبتدائى بمصدر التيار المتردد كما يوصل طرفا الملف الثانوى بالجهاز المطلوب إمداده بقوة دافعة كهربية مترددة معينة.

٢- عندما تكون دائرة الثانوى مفتوحة لا يمر تيار فى الإبتدائى والثانوى وتفسير ذلك عند فتح دائرة الملف الثانوى فإن التيار المار فى الملف الإبتدائى يكاد ينعدم بالرغم من إتصال الملف الإبتدائى بالمصدر الكهربى والسبب أن الحث الذاتى للملف الإبتدائى يعمل على توليد قوة دافعة كهربية تساوى ($N_p \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$) تتزن مع القوة الدافعة الكهربية للمصدر فتوقف التيار الأصلى تقريبًا وعلى ذلك لا تستهلك طاقة كهربية تذكر فى هذه الحالة.

٣- عندما تكون دائرة الملف الثانوى مقفولة يمر فى الملف الإبتدائى تيار متردد يولد فيه مجالاً مغناطيسيًا متغيرًا.

٤- يجمع القلب الحديدى خطوط الفيض المغناطيسية داخل الملف الثانوى فتتولد فيه قوة دافعة كهربية مستحثة مترددة تكون لها قيمة معينة أكبر أو أصغر من القوة الدافعة الكهربية المترددة فى الملف الإبتدائى كما يمر فى دائرة الملف الثانوى تيار مستحث متردد. له نفس تردد المصدر.

العلاقة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين فى ملفى المحول المثالى:

عند توصيل طرفى الملف الإبتدائى بمصدر جهد متردد (V_p) فإن التغير فى الفيض المغناطيسى يولد قوة دافعة كهربية مستحثة فى الملف الثانوى (V_s) لها نفس التردد.

وتكون

$$V_s = N_s \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad (1)$$

حيث (N_s) عدد لفات الملف الثانوى.

$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ المعدل الزمنى لخطوط الفيض المغناطيسية المقطوعة فى لفات الثانوى وعلى ذلك فإن القوة الدافعة الكهربية فى الملف الابتدائى (V_p) تتعين بنفس الطريقة حيث بفرض أن المقاومة R لدائرة الابتدائى = صفر

لأن العلاقة

$$V_p = N_p \frac{\Delta\phi}{\Delta t} + IR$$

عند R = صفر ينتج القانون.

$$Vp = Np \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (2)$$

حيث (Np) عدد لفات الملف الابتدائى.

بقسمة (1) على (2) ينتج.

$$\frac{VS}{Vp} = \frac{NS}{Np}$$

العلاقة بين شدتى التيارين فى ملفى المحول

بفرض عدم وجود فقد فى الطاقة الكهربية فى المحول فإنه تبعًا لقانون بقاء الطاقة تكون الطاقة الكهربية المستنفذة فى الملف الإبتدائى = الطاقة الكهربية المستنفذة فى الملف الثانوى.

$$vp.\,I_p.t = V_s.I_s.t$$

∴ قدرة الدخل = قدرة الخرج

$$V_pI_p = V_sI_s$$

ومنها

$$\frac{VS}{Vp} = \frac{Ip}{Is}$$

أى أن شدة التيار فى أى من الملفين تتناسب عكسيا مع القوة الدافعة.

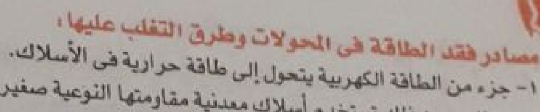
$$\therefore \frac{VS}{Vp} = \frac{Ip}{Is} = \frac{Ns}{Np} \quad (3)$$

«فى حالة المحول المثالى»

يقسم القالب فى المحول إلى شرائح معزولة والدينامو إلى أقراص معزولة حتى تقلل أثر التيارات الدوامية بينما فى الأميتر بالجلفانومتر غير مقسمة لأن التيار فيه مستمر فلا يولد تيارات دوامية.

أنــواع المحــولات

محولات رافعة	محولات خافضة
ترفع القوة الدافعة الكهربية (الخارجة) وتخفض شدة التيار (الخارج).	تخفض القوة الدافعة الكهربية (الخارجة) وترفع شدة التيار (الخارج).
$Vs > Vp$ $Ns > Np$ $Is < Ip$	$Vs < Vp$ $Ns < Np$ $Is > Ip$



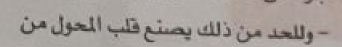
مصادر فقد الطاقة فى المحولات وطرق التغلب عليها :

١- جزء من الطاقة الكهربية يتحول إلى طاقة حرارية فى الأسلاك.

- وللحد من ذلك تستخدم أسلاك معدنية مقاومتها النوعية صغيرة "أسلاك نحاسية غليظة"

٢- جزء من الطاقة الكهربية يتحول إلى طاقة حرارية فى القلب الحديدى بسبب التيارات الدوامية.

- وللحد من ذلك يصنع القلب الحديدى من شرائح معزولة من الحديد المطاوع فيحد ذلك من التيارات الدوامية.



٣- جزء من الطاقة الكهربية يتحول إلى طاقة ميكانيكية تستنفد فى تحريك الجزيئات المغناطيسية للقلب الحديدى.

- وللحد من ذلك يصنع قلب المحول من الحديد المطاوع السليكونى لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية.

٤- تسرب لبعض خطوط الفيض المغناطيسية فلا تقطع الملف الثانوى.



- وللحد من ذلك يلف الملف الثانوى حول الملف الإبتدائى مع عزله عنه كما بالشكل.

كفاءة المحول :

هى النسبة بين القدرة الكهربية التى يحصل عليها من الملف الثانوى إلى القدرة الكهربية المعطاة للإبتدائى.

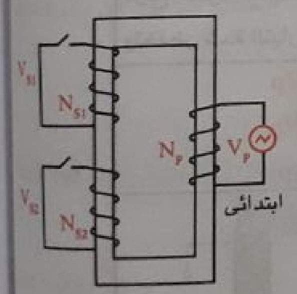
١- $\eta = \frac{\text{الطاقة التى تخرج الملف الثانوى}}{\text{الطاقة المعطاه فى الملف الابتدائى}} \times 100 = \frac{V_s I_s t}{V_p I_p t} \times 100$

٢- $\eta = \frac{\text{القدرة فى الملف الثانوى}}{\text{القدرة فى الملف الابتدائى}} \times 100 = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100$

٣- $\eta = \frac{\text{فرق الجهد عبر كل لفة من لفات الثانوى}}{\text{فرق الجهد عبر كل لفة من لفات الابتدائى}} \times 100 = \frac{V_2}{V_1} \times 100$

٤- $\eta = \frac{\text{الفيض الذى يقطع الملف الثانوى}}{\text{الفيض الذى يقطع الملف الابتدائى}} \times 100 = \frac{(\phi_m)_s}{(\phi_m)_p} \times 100$

٥- $\eta = \frac{V_s \times N_p}{V_p \times N_s} \times 100$



ملحوظة هامة

هناك محولات تعطى أكثر من جهد حيث يوجد للمحول أكثر من ملف ثانوى ويحسب جهد كل منهم على حده

$$\frac{V_P}{V_{S1}} = \frac{N_P}{N_{S1}} \quad , \quad \frac{V_P}{V_{S2}} = \frac{N_P}{N_{S2}} \quad , \quad \frac{V_{S1}}{V_{S2}} = \frac{N_{S1}}{N_{S2}}$$

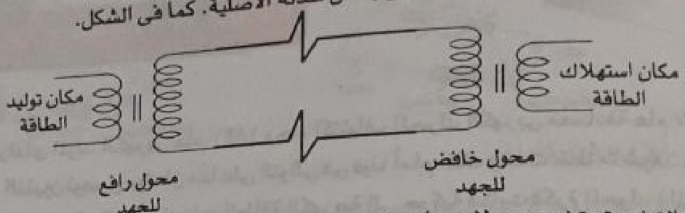
ولكن عند حساب القدرة: القدرة فى الابتدائى = قدرة الثانوى الأول + قدرة الثانى عندما يعملان معًا

$$P_P = P_{S1} + P_{S2} \quad , \quad V_P I_P = V_{S1} I_{S1} + V_{S2} I_{S2}$$

$$\frac{V_P^2}{R_P} = \frac{V_{S1}^2}{R_1} + \frac{V_{S2}^2}{R_2}$$

أهمية المحولات فى نقل الطاقة الكهربية :

استخدام المحول الرافع للجهد عند محطة توليد الكهربية واستخدام المحول الخافض للجهد عند مناطق توزيع الطاقة الكهربية فعند محطة توليد الكهربية يتم رفع الجهد إلى قيمة عالية تبلغ مئات الآلاف من الفولتات فتقل بذلك شدة التيار إلى قيمة منخفضة جدًا وبذلك يقل الفقد فى الطاقة الكهربية عبر أسلاك النقل حيث يكون معدل الفقد فى الطاقة $=I^2R$ حيث I شدة التيار الكهربى فى الأسلاك، (R) مقاومة أسلاك النقل فمثلاً إذا تم تخفيض شدة التيار فى أسلاك النقل بواسطة المحول الكهربى إلى $\frac{1}{100}$ من شدة تيار الملف الإبتدائى فإن الطاقة المفقودة تقل إلى $\frac{1}{10000}$ من قيمتها المفقودة إذا ظل التيار الكهربى بنفس شدته الأصلية. كما فى الشكل.

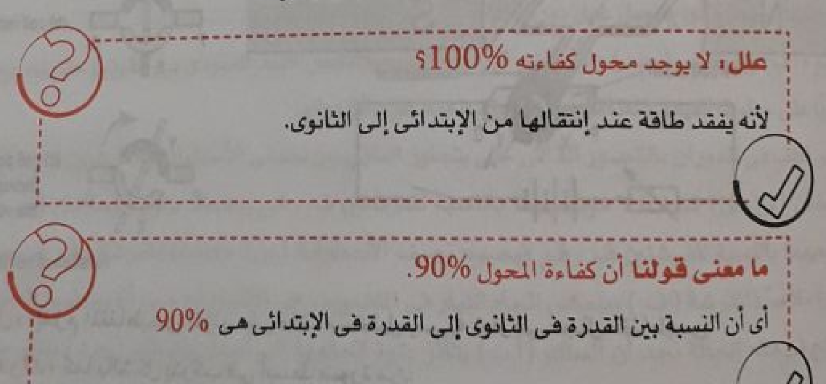


أما عند مناطق التوزيع تستخدم محولات خافضة للجهد حيث يكون فرق الجهد على الملف الثانوى 220 فولت وهو جهد التشغيل لكثير من الأجهزة الكهربية ومصابيح الإضاءة.

استخدامات المحول الكهربى :

١- فى نقل الطاقة الكهربية من محطات توليدها إلى أماكن استخدامها على مسافات بعيدة عبر أسلاك معدنية دون فقد يذكر فى الطاقة الكهربية.

٢- فى بعض الأجهزة المنزلية كالأجراس والثلاجات وشاحن المحمول وغيرها.



علل: لا يوجد محول كفاءته 100%؟

لأنه يفقد طاقة عند إنتقالها من الإبتدائى إلى الثانوى.

ما معنى قولنا أن كفاءة المحول 90%.

أى أن النسبة بين القدرة فى الثانوى إلى القدرة فى الإبتدائى هى 90%



ملحوظة

(أ) كفاءة النقل: هى النسبة بين القدرة الواصلة عبر الأسلاك إلى القدرة الداخلة فيها.

(ب) نسبة اللف: هى النسبة بين عدد لفات الملف الأكبر إلى الأقل فى المحول الكهربى.

(جـ) القدرة المفقودة فى الأسلاك الناقلة= I^2R حيث I التيار المار فى الأسلاك، R مقاومة الأسلاك.

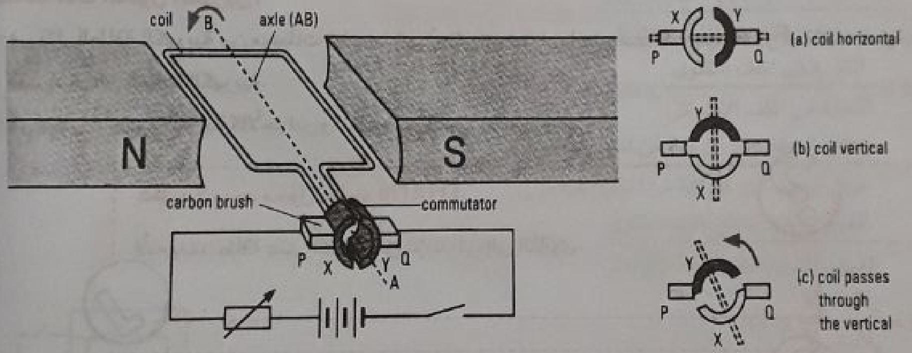
(د) هناك ٣ فرق جهد تختلف: (١- فرق جهد عند المحطة. ٢- فرق الجهد عند المستهلك. ٣- فرق جهد عبر الأسلاك.)

المحرك الكهربى "أو الموتور" Electric Motor

معلومة إثرائية

اكتشف العالم فاراداى المولد الكهربى عام ١٨٣١ وجاء اكتشاف المحرك الكهربى مصادفة عام ١٨٨٧ بعد ٤٢ عام عندما حاول أحد الفنيين توصيل مولدان معًا على التوالى فى فينا أمام الملك وحدث خطأ ما شوهد عند توصيل المولد الأول يتحرك الثانى بسرعة عالية أى تحولت الطاقة الكهربية إلى حركية فكانت فكرة المحرك (الموتور)

الغرض منه: جهاز لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية



Rotation of commutator

فكرة العمل: العزم المغناطيسى المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار فى مجال مغناطيسى.

تركيب المحرك: كما بالشكل يتركب فى أبسط صورة من:

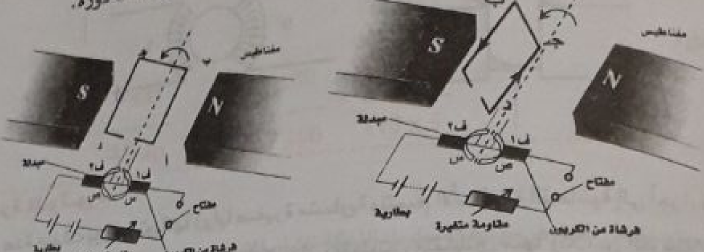
١- ملف مستطيل يتكون من عدد كبير من لفات سلك نحاس معزول والملف ملفوف حول قلب من الحديد المطاوع مقسم إلى أقراص رقيقة معزولة عن بعضها للحد من التيارات الدوامية.

٢- الملف ومعه القلب الحديدى قابلان للدوران بين قطبى مغناطيسى قوى على شكل حذاء الفرس (كما بالشكل).

٣- يتصل طرفا الملف بنصفى أسطوانة معدنية مشقوقة طوليًا والنصفان هما (X , Y) وهما مثبتان على نفس محور دوران الملف ومعزولان عن بعضهما بحيث يكون مستوى الشق عموديًا على مستوى الملف.

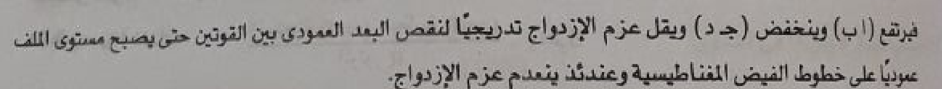
شرح عمله :

فكرة عمل المحرك الكهربى هى نفسها فكرة عمل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك مع ملاحظة أن دوران المحرك لابد أن يكون مستمرًا وفى نفس الاتجاه وتتبادل نصفا الإسطوانة س،ص موضعيهما بالنسبة للفرشتين ف١ ،ف٢ كل نصف دورة ونتيجة لذلك يعكس التيار الكهربى المار فى ملف المحرك اتجاهه فى الملف كل نصف دورة.



ويحدث ما يأتى خلال دورة كاملة.

١- تبدأ ومستوى الملف أفقيا وموازيًا لخطوط الفيض المغناطيسية بحيث أن الفرشة (ف١) المتصلة بالقطب الموجب للبطارية تلامس نصف الأسطوانة (س) والفرشة (ف٢) المتصلة بالقطب السالب للبطارية تلامس نصف الأسطوانة (ص) فيمر التيار فى الملف فى الاتجاه (أ ب جـ د) وبتطبيق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج نجد أن السلك (أ ب) يتأثر بقوة اتجاهها إلى أعلى والسلك (جـ د) يتأثر بقوة اتجاهها إلى أسفل وينشأ عنهما إزدواج يعمل عمل دوران الملف.



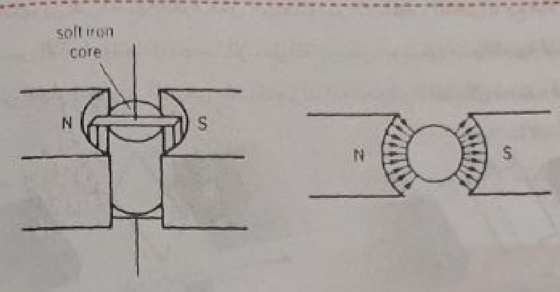
فيرتفع (أ ب) وينخفض (جـ د) ويقل عزم الإزدواج تدريجيًا لنقص البعد العمودى بين القوتين حتى يصبح مستوى الملف عموديًا على خطوط الفيض المغناطيسية وعندئذ ينعدم عزم الإزدواج.

٢- يستمر الملف فى الدوران بالقصور الذاتى حتى يتجاوز العازل بين نصفى الأسطوانة والفرشتين ف١ ،ف٢ وعندئذ يكون النصفان (س،ص) قد تبادلا موضعيهما بالنسبة للفرشتين ف١ ، ف٢ وعندئذ يكون النصفان (س،ص) قد تبادلا موضعيهما بالنسبة للفرشتين ف١ ، ف٢ فيصبح نصف الأسطوانة (س) ملامسًا للفرشة (ف٢)، نصف الأسطوانة (ص) ملامسًا للفرشة (ف١) وينعكس اتجاه التيار فى الملف ويمر فى الاتجاه (د جـ ب أ) وبتطبيق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج فى هذه الحالة نجد أن السلك (أ ب) يتأثر بقوة اتجاهها إلى أسفل والسلك (جـ د) يتأثر بقوة اتجاها إلى أعلى ويعمل عزم الإزدواج الناشىء عن هاتين القوتين على استمرار دوران الملف فى نفس الاتجاه الدائرى السابق.

٣- يزداد عزم الإزدواج تدريجيًا حتى يصل إلى نهايته العظمى عندما يكون مستوى الملف موازيًا لخطوط الفيض ثم يقل العزم حتى ينعدم عندما يكون مستوى الملف عموديًا على خطوط الفيض المغناطيسية ويدفعه قصوره الذاتى للإستمرار فى الدوران وتتبادل (س،ص) وضعيهما فتلامس (س) الفرشة (ف١) وتلامس (ص) الفرشة (ف٢) وينعكس اتجاه التيار فى الملف مرة أخرى ويستمر الملف فى الدوران.



عندما يكون القطبان المغناطيسيان مقران عند ذلك يكون العزم دائمًا ثابت لا يتغير بدوران الملف.



زيادة قدرة الموتور:

تستخدم عدة ملفات بين مستوياتها زوايا صغيرة متساوية وتقسم الأسطوانة النحاسية إلى أجزاء معزولة عن بعضها عددها ضعف عدد الملفات بحيث يتصل طرفا كل ملف بقطعتين متقابلتين منها وتلامس الفرشتان ف١ ،ف٢ قطعتين متقابلتين من الأسطوانة المشقوقة عندما يكون مستوى الملف المتصل بهما موازيًا لخطوط الفيض المغناطيسية فيكون عزم الازدواج نهاية عظمى.

انتظام معدل دوران ملف المحرك:

عند دوران الملف يقطع خطوط الفيض المغناطيسية بين قطبى المغناطيس فتتولد فى الملف قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسى ضد اتجاه تيار البطارية حيث يكون المستحث العكسى I ـ البطارية I = المحرك I

تزداد شدة التيار المستحث العكسى عند زيادة سرعة دوران الملف فتقل شدة تيار المحرك وتقل السرعة بالتالى وعلى ذلك تقل شدة التيار المستحث العكسى فتزداد شدة تيار المحرك وتقل السرعة بالتالى وعلى ذلك تقل شدة التيار المستحث العكسى فتزداد شدة تيار المحرك وهكذا عند سرعة معينة يثبت الفرق بين شدة التيارين أى تثبت شدة تيار المحرك فتنتظم سرعة دوران.

$$I_{\text{المحرك}} = \frac{(emf)_{\text{بطارية}} - (emf)_{\text{المستحثة}}}{R_{\text{الموتور}}}$$

القوة الدافعة العكسية فى الموتور:

هى القوة الدافعة الكهربية المتولدة فى ملف الموتور عند دورانه وقطعه لخطوط الفيض وتعمل على إنتظام سرعة دورانه.

ملحوظة

فى بداية التشغيل يكون التيار المار فى الملف كبير حيث لا توجد emf عكسية فى البداية وحسب العلاقة السابقة يكون التيار كبير قد يتلف الملف لهذا توصل مقاومة متغيرة على التوالى مع البطارية والملف تسمى المقاومة البادئة starter تقلل شدة تيار البداية وبعد إنتظام دورانه تتناقص تدريجيًا حتى تنعدم وتقوم emf العكسية بخفض التيار.

أمثلة

مثال ١:

محول كهربى كفاءته 80% فإذا وصل بمصدر 110 فولت وتيار الملف الإبتدائى 5 أمبير أوجد شدة التيار فى الملف الثانوى إذا كانت القوة الدافعة الناتجة 220 فولت.

الحل:

$$\eta = \frac{V_s . I_s}{V_p . I_p}$$

ومنها

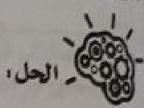
$$\therefore \frac{80}{100} = \frac{220 \times I_s}{110 \times 5} \qquad \therefore I_s = 2$$

مثال ٢:

(مصر ١٩٩٦): محول خافض يعمل فى نهاية الخطوط الناقلة للتيار المتردد يخفض الجهد الكهربى من 3000 فولت إلى 120 فولت فإذا كانت القدرة الناتجة من المحول 15 كيلووات وكفاءته 80% وعدد لفات ملفه الإبتدائى 4000 لفة.

احسب:

١- عدد لفات ملفه الثانوى.   ٢- شدة التيار فى كل من الملفين.



الحل:

$$V_p = 3000 \times \frac{80}{100} = 2400\ v$$

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} \qquad \therefore \frac{N_s}{4000} = \frac{120}{2400} \qquad \therefore N_s = 200$$ لفه

٢- حساب شدة التيار I_s فى الثانوى

القدرة الناتجة $I_s . V$

$$\therefore I_s = \frac{15000}{120} = 125A$$

٢- حساب I_p

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \qquad \therefore I_p = 125 \times \frac{200}{4000} = 6.25A$$

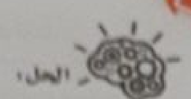
مثال ٣:

نقلت قدرة كهربية مقدارها 400 كيلو وات من محطة كهربية إلى مصنع خلال خط مقاومته 0.5 أوم علمًا بأن الجهد عند المحطة 2000 فولت احسب:

١- شدة التيار فى الخط.   ٢- الهبوط فى الجهد (بين المحطة والمصنع)

٣- القدرة المفقودة على الخط.   ٤- كفاءة النقل.

وإذ استخدمت محولات فى النقل نسبة اللف فيها 10:1 احسب مرة ثانية ما سبق فى هذه الحالة وما تستنتج مما حصلت عليه من نتائج.



الحل :

بدون محولات	باستخدام محولات
القدرة $= I.V$ عند المحطة. $I = \frac{4 \times 10^5}{2000} = 200A$ فرق الجهد (الهبوط فى الجهد) $V = I.R = 200 \times \frac{1}{2} = 100V$ القدرة المفقودة $= I^2R$ $= (200)^2 \times 0.5$ $= 20000 = 20KW$ وات كفاءة النقل $= 100 \times \frac{\text{القدرة الواصلة}}{\text{القدرة للمحطة}} = 100 \times \frac{380}{400}$ $= 95\%$	المحول الرافع عند المحطة يرفع الجهد. $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$ ∴ $\frac{20000}{V_s} = \frac{1}{10}$ $V_s = 20000$ فولت $I = \frac{4 \times 10^5}{20000} = 20A$ فرق الجهد $V = 20 \times \frac{1}{2} = 10$ القدرة المفقودة $= I^2R$ $= (20)^2 \times 0.5 = 200$ وات كفاءة النقل $= \frac{399800}{400000} = 99.9\%$

توضح أهمية المحولات فى نقل الطاقة الكهربية حيث تقل القدرة المفقودة فى الأسلاك.

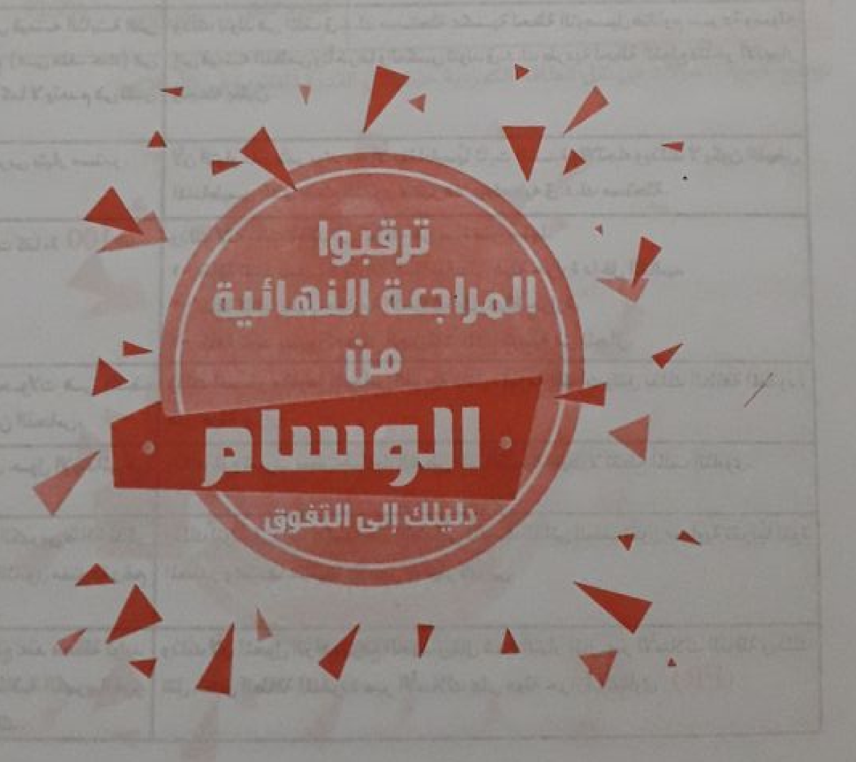


التعليلات الهامة

الحقيقة العلمية	التعليل
١- يصل التيار بسرعة فى سلك مستقيم بينما يتأخر نموه فى ملف ويتأخر أكثر عند وضع ساق حديد داخل الملف.	فى حالة السلك لا تتولد فيه ق.د.ك مستحثة لأن المجال الناشىء عنه لا يقطع السلك نفسه فينمو التيار بسرعة بينما فى حالة الملف عند تغير التيار فى اللفة الأولى يولد فيض يقطع باقى اللفات يولد فيها ق.د.ك عكسية وهكذا فى باقى اللفات وبذلك يتأخر نمو التيار ويزيد تأخره عند وضع ساق حديد فيه لأن نفاذية الحديد أكبر فتزيد ق.د.ك العكسية.
٢- قد لا تتولد ق.د.ك مستحثة فى سلك مستقيم يتحرك فى مجال مغناطيسى.	السلك يتحرك موازيًا للمجال فلا يقطع خطوط الفيض وبذلك لا تتولد فيه ق.د.ك مستحثة.
٣- قد لا يمر تيار كهربى فى سلك مستقيم يتحرك ويقطع خطوط الفيض.	وذلك لأن السلك تكون دائرته مفتوحة فتتولد ق.د.ك ولا يمر تيار كهربى.
٤- يثنى السلك على نفسه فى المقاومات العيارية قبل لفه.	وذلك لتلافى الحث الذاتى حيث تتولد مجالان مغناطيسيان متساويان فى الشدة ومتضادان فى الاتجاه فى فرعى السلك فيعادل كل منها الآخر وينعدم الحث.
٥- يصنع القلب الحديدى فى بعض الأجهزة الكهربية على شكل شرائح معزولة عن بعضها.	وذلك لتقليل التيارات الدوامية وتقليل أثرها فى تسخين القالب وذلك بزيادة المقاومة النوعية لها.
٦- لا يصل التيار إلى قيمته الثابتة التى يحددها قانون أوم (فى ملف حث) فى نفس لحظة إمراره كما لا ينعدم فى نفس لحظة قطعه.	وذلك لتولد فى الملف ق.د.ك مستحثة عكسية لحظة التوصيل فتقاوم سرعة وصوله إلى قيمته العظمى وتأخرها والعكس تتولد ق.د.ك طردية لحظة القطع فتأخر الانهيار وتجعله بطيئ.
٧- لا يعمل المحول الكهربى بتيار مستمر.	لأن التيار المستمر يولد مجالاً مغناطيسيًا ثابت الشدة والاتجاه وبذلك لا يكون الفيض المغناطيسى الذى يقطع الثانوى متغير فلا يتولد فيه ق.د.ك مستحثة.
٨- لا توجد محولات ذات كفاءة 100%	وذلك لأنه يحدث فقد فى الطاقة فى عدة صور منها. ١- طاقة تفقد بسبب التيارات الدوامية على هيئة حرارة داخل القالب. ٢- طاقة تفقد بسبب مقاومة الأسلاك على هيئة حرارة. ٣- طاقة تفقد بسبب تحريك الجزيئات المغناطيسية فى المجال.
٩- تصنع أسلاك المحولات فى الملف الإبتدائى والثانوى من النحاس.	وذلك لصغر مقاومة النحاس النوعية فتقل مقاومة الملفات وتقل بذلك الطاقة المفقودة على هيئة حرارة.
١٠- يلف الملف الثانوى حول الإبتدائى فى المحول الكهربى.	وذلك لمنع تسرب بعض خطوط الفيض المغناطيسية حيث لا تقطع الملف الثانوى.
١١- لا يستهلك المحول الكهربى طاقة تذكر عندما تكون دائرة الثانوى مفتوحة رغم غلق دائرة الإبتدائى.	وذلك لتولد ق.د.ك عكسية فى الإبتدائى بالحث الذاتى للملف تكون مساوية تقريبًا لقوة المصدر وعكسها فتلغيها ولا يمر به تيار كهربى.
١٢- يستخدم محول رافع عند محطة توليد الكهرباء لنقل الطاقة الكهربية عبر الأسلاك إلى المستهلك.	وذلك لأن المحول الرافع يرفع الجهد ويقلل شدة التيار المار عبر الأسلاك الناقلة وبذلك تقل معدل الطاقة المفقودة عبر الأسلاك على هيئة حرارة وتساوى (I^2R)



١٣- إنتظام سرعة دوران الموتور	وذلك لأنه عند زيادة سرعة الدوران تزداد شدة التيار العكسى فتقل شدة التيار المحرك للموتور "لأنه الفرق بين تيار المصدر والتيار العكس" فتقل سرعة الدوران والعكس عند إبطاء السرعة تقل شدة التيار العكس ويزيد التيار المحرك فتزيد السرعة وهكذا بعد عدة دورات عند سرعة معينة يثبت الفرق وتنتظم السرعة.
١٤- الحديد المستخدم فى عمل القالب فى المحول حديد مطاوع سليكونى	وذلك لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية لأن سهولة حركة خطوط الفيض فى الحديد المطاوع أسهل من الحديد الصلب والسليكونى أسهل من المطاوع فتقل الطاقة الميكانيكية لتحريك الجزيئات المغناطيسية
١٥- الأسطوانة النحاسية التى يتصل بها طرفا الملف فى دينامو التيار موحد الاتجاه مجوفة ومشوقة إلى نصفين معزولين.	وذلك لأن عند دوران الملف تتولد ق.د.ك وتيار كهربى فى الملف يمر من نصفى الأسطوانة الدائرة الخارجية ولا يمر بينهما وتجعل التيار الناتج فى الدائرة الخارجية موحد الاتجاه متغير الشدة.
١٦- متوسط emf المتولدة فى ربع دورة للدينامو = متوسط نصف دورة.	لأن معدل تغير الفيض $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ فى ربع دورة يساوى معدل تغيره فى نصف الدورة.
١٧- لزيادة مقدرة الموتور على الدوران يستخدم عدة ملفات بينها زاوية متساوية.	وذلك حتى يكون هناك دائمًا ملف موازى للفيض فيكون دائمًا العزم قيمة عظمى فيزيد عزم الدوران





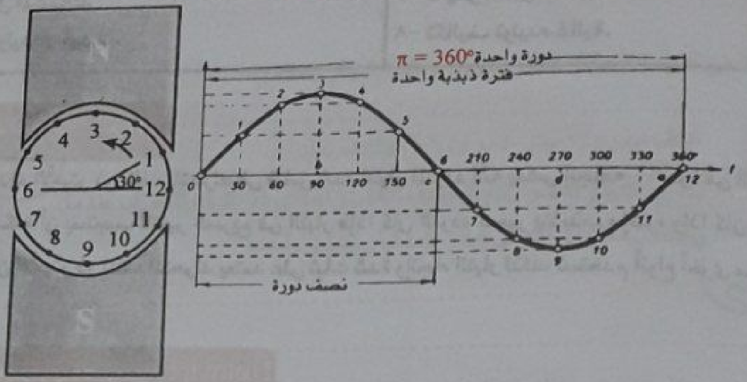
دوائــر التيــار المتــردد
Alternating current circuits

- درسنا الدينامو فى الفصل السابق وهو مولد التيار الكهربى المتردد (A.C)

تعريف التيار المتردد:

هو التيار الكهربى الذى تتغير شدته من الصفر إلى نهاية عظمى ثم تهبط إلى الصفر وذلك خلال نصف دورة ثم ينعكس إتجاهه وتزداد شدته من الصفر إلى نهاية عظمى ثم تقل إلى الصفر وذلك فى النصف دوره الثانى ويتكرر ذلك كل دورة بنفس الكيفية.

- والقوة الدافعة المستحثة والتيار المستحث الناتج من الدينامو عند دورانه خلال دورة كاملة يمثل بمنحنى جيبى أى تتغير الشدة والاتجاه تبعًا لقانون الجيب لزاوية الدوران من الصفر إلى $360°$ كما بالشكل:



العلاقة المستخدمة: $emf = BA.N\omega \sin\theta$

حيث θ الزاوية المحصورة بين إتجاه خطوط الفيض والمستقيم العمودى على مستوى الملف.

تردد التيار الكهربى f هو عدد الدورات (الذبذبات) الكاملة التى يعملها التيار المتردد فى الثانية الواحدة.

ومن المعلوم أن التيار الكهربى المستخدم فى مصر تردده 50Hz

مميزات التيــار المتــردد:

١- يمكن رفع أو خفض قوته الدافعة الكهربية بإستخدام المحولات حسب الجهد الكهربى المطلوب للأجهزة.

٢- يمكن نقل التيار الكهربى المتردد لمسافات بعيدة دون فقد يذكر فى الطاقة وذلك من مصادر التوليد إلى المستهلك باستخدام المحولات.

٣- يمكن تحويل التيار المتردد إلى تيار موحد الإتجاه ومستمر باستخدام الدايود (سوف يأتى شرحه) حتى يصلح لعمليات التحليل الكهربى وشحن البطاريات وغيرها.

٤- مولدات التيار المتردد رخيصة التكاليف مثلاً ينتج من تساقط المياه، وطاقة الرياح وغيرها.

٥- التيار المتردد يمر فى دائرة بها مكثف.

- يتفق التيار المتردد والمستمر فى التأثير الحرارى عند مرورهما فى مقاومة أومية وذلك لأن التأثير الحرارى لا يتوقف على الاتجاه كما فى إضاءة مصباح التنجستين.



مقارنة بين التيار المتردد والتيار المستمر

التيار المتردد	التيار المستمر
١- تتغير شدته وإتجاهه مع الزمن.	١- ثابت الشدة موحد الإتجاه.
٢- يتولد من دينامو تيار متردد.	٢- يتولد من بطارية أو دينامو تيار مستمر.
٣- يمكن رفع أو خفض جهده بالمحولات.	٣- لا يمكن رفع أو خفض جهده بالمحولات.
٤- يمكن نقله لمسافات بعيدة دون فقد يذكر فى الطاقة الكهربية بالمحولات.	٤- ينقل ولكن يحدث فقد كبير فى الطاقة الكهربية عبر أسلاك النقل.
٥- يستخدم فى الإنارة وإدارة الآلات.	٥- يستخدم فى طلاء المعادن بالتحليل الكهربى وشحن المراكم.
٦- تقاس شدته بالأميتر ذى سلك ساخن.	٦- تقاس شدته بالأميتر ذى الملف المتحرك.
٧- يمر خلال المكثفات.	٧- لا يمر خلال المكثفات.
٨- تكاليف توليده رخيصة.	٨- تكاليف توليده غالية.

قياس شدة التيار المتردد

لا يمكن استخدام الأميتر ذو الملف المتحرك فى قياس شدة التيار المتردد لأنه يعكس إتجاهه 50مرة فى الثانية لأن القصور الذاتى للملف لا يمكنه أن يستجيب للتغير السريع فى التيار فإذا كان التردد صغير يتذبذب مؤشره وإذا كان تردده كبير يثبت بالقصور الذاتى لأن الأميتر ذو الملف المتحرك يعتمد على ثبات شدة وإتجاه التيار لذلك تستخدم أنواع أخرى من الأميترات منها الأميتر الحرارى.

الأميتر الحرارى Hot wire Ameter

الغرض منه: قياس شدة التيار الكهربى المستمر والمتردد.

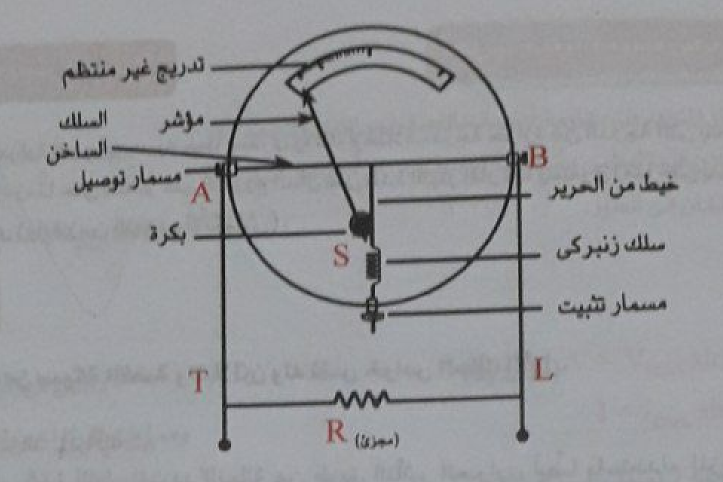
فكرة العمل: يبنى عمله على أساس التأثير الحرارى للتيار الكهربى.

التركيب: يتركب الأميتر الحرارى كما بالشكل من:

سلك رفيع مشدود بين مسمار توصيل A,B مصنوع من سبيكة الإيرديوم والبلاتين وهو السلك الحرارى الذى يسخن ويتمدد بمقدار محسوس عند مرور التيار فيه ومثبت عند منتصفه خيط حرير يمر لفة واحدة على بكرة ملساء (S) مشدود بواسطة زنبرك مثبت تمام فى جدار الجهاز ودائمًا مشدود ويثبت على البكرة مؤشر يتحرك على تدريج غير منتظم لقياس شدة التيار مباشرة ويوصل سلك الأيرديوم البلاتينى على التوازى بمقاومة مجزئ التيار R

العمل:

يدخل الأميتر الحرارى على التوالى فى الدائرة المراد قياس شدة التيار المار فيها وعند مرور التيار فى السلك الساخن فإنه يسخن ويتمدد بمقدار محسوس فيرتخى فيشده خيط الحرير بتأثير الزنبرك فتدور البكرة وعليها المؤشر الذى يتحرك ببطء على التدريج ثم يثبت المؤشر على القراءة وذلك عندما تثبت درجة حرارة السلك الساخن ويقف تمدده ويحدث ذلك عندما تتساوى كمية الحرارة المتولدة فيه مع كمية الحرارة المفقودة منه بالإشعاع.



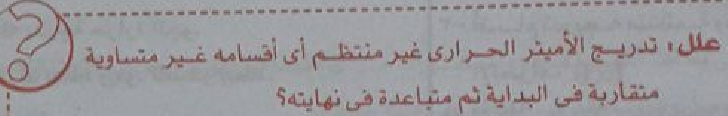
ملحوظة :

شدة التيار المقاسة هى القيمة الفعالة للتيار المتردد أو شدة التيار المستمر.

كيف يدرج الأميتر الحرارى؟ (أى كيف يعاير)

يدرج الأميتر الحرارى بمقاومته بالأميتر العادى ذو الملف المتحرك عندما يوصلان معًا على التوالى ويمر بهما تيار مستمر واحد.

علل : تدريج الأميتر الحرارى غير منتظم أى أقسامه غير متساوية متقاربة فى البداية ثم متباعدة فى نهايته؟



يعتمد على معدل كمية الحرارة المتولدة بسبب مرور التيار الكهربى وتساوى I^2R لذلك تتناسب مع مربع شدة التيار وليس شدة التيار فإذا تضاعف شدة التيار يزيد التأثير الحرارى إلى أربع أمثاله.

علل : يوضع سلك الأردبوم البلاتينى على صفيحة من نفس المادة ومعزول عنها؟

لأنه يتأثر بدرجة حرارة الجو عند ارتفاع درجة حرارة الجو يوجد به خطأ صفرى لذلك يوضع على صفيحة من نفس مادته تتمدد معه بنفس المقدار عند زيادة حرارة الجو فيظل السلك مشدود والمؤشر على الصفر.





عيـوب الأميتـر الحرارى:

١- يتأثر بدرجة حرارة الجو ويوجد به خطأ صفرى وذلك لإختلاف درجة حرارة عن الدرجة التى يتم فيها تدريجه.
٢- يستغرق مؤشره زمنًا حتى يستقر على التدريج الدال على شدة التيار المار كما يستغرق زمنًا حتى يعود إلى الصفر عند قطع التيار (أى زيادة زمن التمدد والأنكماش).

ملحوظة

قد يصنع السلك من سبيكة الفضة والبلاتين وله نفس خواص السلك الأول.

معلومة إثرائية

تقاس شدة التيار المتردد الفعالة عن طريق التأثير الحرارى أيضًا باستخدام المزدوج الحرارى.

مقارنة بين الأميتر ذى السلك الساخن والأميتر ذى الملف المتحرك

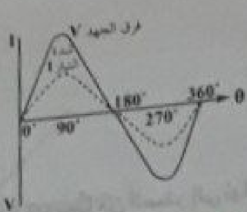
الأميتر ذو السلك الساخن	الأميتر ذو الملف المتحرك
١- فكرة عمله تبنى على التأثير الحرارى للتيار الكهربى.	١- فكرة عمله تبنى التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى.
٢- يقيس شدة التيار المتردد والمستمر.	٢- يقيس شدة التيار المستمر فقط.
٣- أقسام تدريجه غير متساوية لأن كمية الحرارة $I^2\alpha$	٣- أقسام تدريجه منتظمة ومتساوية لأن زاوية الإنحراف $I\propto\theta$
٤- تتأثر قراءته بدرجة حرارة الجو.	٤- لا يتأثر بدرجة حرارة الجو.
٥- مؤشره يتحرك ببطء ويعود للصفر ببطء.	٥- مؤشره يتحرك بسرعة ويعود للصفر بسرعة.
٦- قليل الحساسية.	٦- عالى الحساسية.

دوائر التيـار المتـردد

تحتوى دوائر التيار المتردد عن مقاومات وملفات ومكثفات مفرده أو معا ونأخذ:

التيار المتردد فى مقاومة أومية صرفه :

عند مرور التيار المتردد فى مقاومة أومية خالصة ينمو التيار والجهد معًا حتى يصلان قيمة عظمى معًا فى آن واحد ويقال أن شدة التيار وفرق الجهد متفقان فى الطور.



$V = V_{max} \sin \omega t$ (اللحظية)

$I = I_{max} \sin \omega t$

دالتان فى الزمن (V , I)

وهما فى طور واحد

والمقاومة لا تعتمد على تردد المصدر.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{V_{eff}}{I_{eff}}$$

وتكون القدرة المستنفذة فى المقاومة.

$$P_{\omega} = V_{eff} \cdot I_{eff} = \frac{1}{2} V_{max} \cdot I_{max}$$ وات

ملحوظة

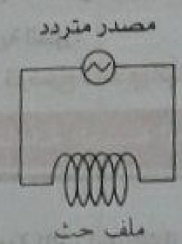
القيمة العددية لكل من I , V تتوقف على قيمة المقاومة R فإذا كانت $I<R$ كانت V أكبر من I عدديا والعكس صحيح، أى إذا كانت $R = 1\Omega$ كانت $I = V$ وينطبق الخطان البيانيات على بعضها تماما.

المقاومة الأومية

هى الممانعة التى يلقاها التيار المتردد والمستمر إذا مر أى منهما فى الموصل بسبب الإحتكاك والاصطدام بين الإلكترونات وذرات الموصل وتسبب فقد فى الطاقة على هيئة حرارة.

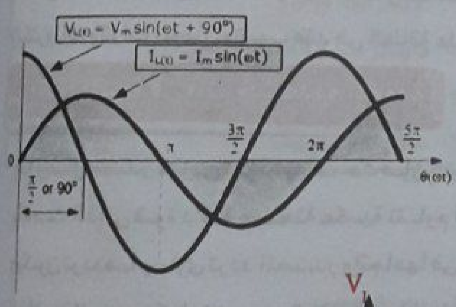
التيار المتردد فى ملف حث عديم المقاومة :

إذا وصل مصدر كهربى متردد بملف حث فإن التيار المتردد يمر فى الملف ويتولد بالحث الذاتى قوة دافعة مستحثة عكسية تقاوم التغير الحادث فى شدة التيار ويكون ترددها يساوى تردد المصدر وإتجاهها فى أى لحظة مضاد لإتجاه القوة الدافعة للمصدر كما يتضح من العلاقة البيانية الموضحة حيث يمثل المحور الرأسى ثلاث مقادير وهى:



١- emf للمصدر. ٢- شدة التيار I المتردد المار. ٣- emf العكسية.

ويمثل المحور الأفقى زاوية الطور $(\omega\tau)$ أو الزمن



ينمو التيار تدريجيًا من الصفر إلى نهاية عظمى بمعدل $\frac{\Delta I}{\Delta t}$

الإشارة السالبة تدل على أن القوة الدافعة المستحثة $emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ العكسية تكون فى عكس القوة الدافعة للمصدر.

ويتناسب القوة الدافعة المستحثة طرديًا مع معدل التغير فى شدة التيار المتردد حيث يكون المعدل أكبر ما يمكن عندما يكون شدة التيار = صفر هو ميل المماس ويكون المعدل صفر عندما يكون شدة التيار قيمة عظمى لأن المعدل $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ هو ميل المماس.

فى النقطة (أ) يكون التيار عندها = صفر ويكون $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ قيمة عظمى وهو ميل المماس فيكون الجهد قيمة عظمى ومع زيادة (I) يقل المعدل يقل ميل المماس تدريجيًا فيقل الجهد حتى يصبح التيار قيمة عظمى يصبح $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ =صفر والميل = صفر والجهد ينعدم ثم يقل التيار فيكون الميل سالب ويزيد الميل ويزيد الجهد فى الاتجاه السالب حتى يصبح التيار =صفر يكون الميل قيمة عظمى سالب وهكذا يتأخر التيار عن الجهد دائمًا 90° فى زاوية الطور.

لا تتفق القوة الدافعة للمصدر مع التيار فى الطور ولكن التيار يتخلف عن القوة الدافعة بمقدار ربع دورة (90°) فى زاوية الطور.

ويمكن توضيح ذلك بيانيًا :

أو

$V_{L(t)} = V_m \sin(\omega t + 90^\circ)$

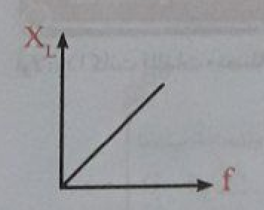
$I_{L(t)} = I_m \sin(\omega t)$

المفاعلة الحثية للملف (X_L)

- مقاومة الملف لمرور التيار المتردد هى عن طريق ق.د.ك المستحثة العكسية وهذا النوع من المقاومات لا تستهلك فيه طاقة وتسمى مفاعلة حثية لذلك يرمز لها برمز آخر (X_L) غير رمز المقاومة الأومية R وذلك لأن الملف يخزن الطاقة على هيئة مجال مغناطيسى فى إتجاه لحظة النمو ويفرغها فى الاتجاه العكسى لحظة الإنهيار وبذلك لا تستهلك طاقة فى ملف وتكون القدرة المستنفذة خلال دورة كاملة = صفر

- أمكن إيجاد قيمة المفاعلة الحثية فى الملف فوجد أنها تتناسب طرديًا مع تردد التيار المنساب وكذلك تتناسب طرديًا مع معامل الحث الذاتى للملف وهى تناظر المقاومة.

المفاعلة الحثية = تردد التيار × معامل الحث الذاتى للملف × 2π



$$X_L = 2\pi f.\ L = \omega L$$

حيث $2\pi f = \omega$ أوم

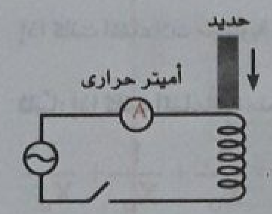
وتحسب شدة التيار (1) = القوة الدافعة / المفاعلة الحثية = فولت / أوم

- المفاعلة الحثية تتناسب طرديًا مع معامل الحث الذاتى (إثبات ذلك عمليًا):

تجربة: علاقة $X_L \alpha L$

توصل دائرة مصدر متردد كما بالشكل

ملف قلبه هوائى وأميتر حرارى ومصدر متردد.



نغلق الدائرة يمر تيار ونقيس الشدة ثم ندخل قالب حديد مطاوع تدريجيًا فى الملف ونعين قياس شدة التيار نجد أنها تقل تدريجيًا دليلاً على أن زيادة معامل الحث الذاتى تزيد المفاعلة الحثية.

تعريف المفاعلة الحثية (X_L)

هى الممانعة التى يلقاها التيار المتردد عند مروره فى ملف حث بسبب الحث الذاتى للملف وتقاس بالأوم.

معلومة إثرائية

استنتاج قيمة X_L :

$\because emf = -L \frac{\pi}{2}$ $\quad \because V - L\frac{\Delta I}{\Delta t} = IR$

فإذا كانت $R = 0$ الملف عديم المقاومة

$\therefore V = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

$V = L\frac{d}{dt}\{I_o \sin \omega t\}$

$V = LI_o\ \omega \cos \omega t = L I_o \omega \sin [\omega t + \frac{\pi}{2}]$

$V_o \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \rightarrow (1)$

من المعادلة (1) $V_o = L I_o \omega$ $\quad \therefore \frac{V_o}{I_o} = \omega L$

$\therefore X_L = \omega L\ \Omega$

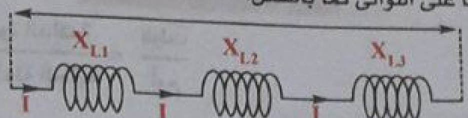
وهى أبعاد مقاومة ويرمز لها الرمز X_L

من المعادلة (1) ينتج أن فرق الجهد يتقدم على التيار بمقدار $\frac{\pi}{2}$ فى زاوية الطور.

١- المفاعلة الحثية تقاوم التيار عن طريق معدل التغير فى شدة التيار المار فى الملف،
أى أن الملف يقاوم التيار عن طريق emf المكسية الذاتية ولا تسبب فقد فى الطاقة أو القدرة.

المفاعلة الحثية للتيار المتردد فى عدة ملفات متصلة معًا :

أولاً: إذا كانت الملفات متصلة معًا على التوالى كما بالشكل:



المفاعلة الحثية الكلية = مجموع المفاعلات الحثية على التوالى

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3}$$

إذا كانت المفاعلات متساوية وعددهم N

$$X_L = X_{L1} \times N$$

ثانيًا: إذا كانت المفاعلات منصل على التوازى كما بالشكل:

$$\frac{1}{X_{L}} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}}$$

إذا كانت المفاعلات متساوية وعددهم N

$$X_L = \frac{X_{L1}}{N}$$

ملحوظة :

١- يشترط أن يكون الملفات متباعدة عن بعضها حتى لا يؤثر الحث المتبادل بينهم على قيمة المفاعلة الحثية.
٢- أى ملف ملفوف زوجيًا يكون (أ) عديم المجال المغناطيسى عند مرور تيار به. (ب) عديم الحث الذاتى (جـ) عديم المفاعلة عند توصيله بمصدر متردد.

التيـار المتـردد فـى مكثـف

ما هو المكثف الكهربى : عبارة عن لوحين معدنين متوازين بينهما عازل وعند شحنه يكون أحد لوحيه موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة وبينهما فرق الجهد (V) والشحنة على أحد لوحيه Q كولوم مساوية لشحنة اللوح الآخر عدديًا وسعة المكثف الكهربية يرمز لها (C) تحسب من العلاقة

وتقاس بالفاراد

$$C = \frac{Q}{V} \quad \frac{\text{كولوم}}{\text{فولت}}$$

يقصد بشحنة المكثف Q مقدار الشحنة على أحد لوحيه (أحدهما +Q والأخر -Q)
والمكثف قد يكون أحد لوحيه معزول دائمًا أما اللوح الآخر يكون معزولاً أو يكون متصل بالأرض.

تعريف سعة المكثف :

تقدر بمقدار الشحنة اللازم إضافتها على أحد اللوحين لرفع فرق الجهد بين لوحيه بمقدار الوحدة.

تعريف آخر: هى النسبة بين مقدار شحنة أحد لوحيه إلى فرق الجهد بين لوحيه.

وهناك مكثف ثابت السعة يرمز له —||— ومكثف متغير السعة يرمز له —|/|—

فكرة عمل المكثف:

تخزين وتكثيف المزيد من الشحنات الكهربية على الموصل عن طريق إنقاص جهده.

معلومة إثرائية

ويمكن حساب سعة المكثف بمعرفة مساحة أحد لوحيه المتقابلين (A) والمسافة بينهما (d) والمادة العازلة بينهما من العلاقة:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

حيث ε مقدار ثابت يتوقف على نوع العازل بين اللوحين.

وتسمى سماحية الوسط وفى حالة الهواء

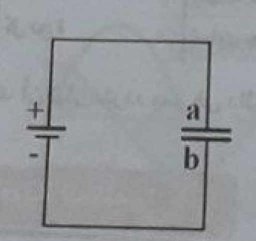
$$\varepsilon = 8.85 \times 10^{-12} F/m$$

تحسب الطاقة الكهربية المخزونة فى المكثف من العلاقة:

$$E = \frac{1}{2} Q.V = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \ J$$

المادة العازلة بين لوحى المكثف - تحدث لها عملية استقطاب للمادة العازلة فيواجه اللوح الموجب شحنات سالبة والعكس ما يزيد من سحب مزيداً من الشحنات إلى لوحيه فتزيد سعة المكثف.

توصيل المكثف مع مصدر مستمر:



عند توصيل المكثف بالبطارية حيث يتصل أحد اللوحين بالقطب الموجب والآخر بالقطب السالب كما بالشكل فإن شحنة موجبة تنتقل من القطب الموجب إلى اللوح (a) ويرتفع جهده وتؤثر شحنته الموجبة على اللوح (b) فتجذب نحوها الشحنة السالبة إلى السطح (b) القريب من (a) وتطرد الشحنة الموجبة إلى الوجه البعيد حيث تنتقل إلى القطب السالب للبطارية وينخفض جهد (b) وعندما يتساوى فرق الجهد بين اللوحين للمكثف مع فرق الجهد بين قطبى البطارية يقف إنتقال الشحنات ويكون قد تم شحن المكثف الكهربى.

هذا يعنى أن يمر التيار لحظيًا فى الدائرة التى بها مكثف وبطارية ويكون المكثف مشحون والشحنة = سعة المكثف × فرق الجهد

على أحد اللوحين

$$Q = V.C$$

كولوم = فاراد × فولت

Q	
V	C

المكثف مع مصدر متردد:

عند توصيل المكثف بمصدر تيار متردد كما بالشكل حيث أن المصدر المتردد يغير إتجاهه كل نصف دوره.

V_c

t (s)

θ

ربع دوره 1 تفريغ	ربع دوره 2 تفريغ	ربع دوره 3 شحن	ربع دوره 4 تفريغ
شحن	تفريغ	شحن	تفريغ
يزيد جهد المصدر فيشحن المكثف ويزيد الجهد عليه عندما يصبح جهد المصدر قيمة عظمى يكون المكثف جهده قيمة عظمى تساوى جهد المصدر	يقل جهد المصدر تدريجيًا يفرغ المكثف شحنة عبر المصدر حتى يكون جهد المصدر يساوى صفر يكون المكثف فرغ شحنته	يزيد جهد المصدر فى الاتجاه العكسى فيشحن المكثف مرة أخرى فى الاتجاه المضاد وعندما يصبح جهد المصدر قيمة عظمى يكون المكثف جهده قيمة عظمى. تساوى جهد المصدر	يقل جهد المصدر تدريجيًا يفرغ المكثف شحنة عبر المصدر حتى يكون جهد المصدر = صفر يكون المكثف جهده = صفر وتم تفريغ شحنته وهكذا كل دورة

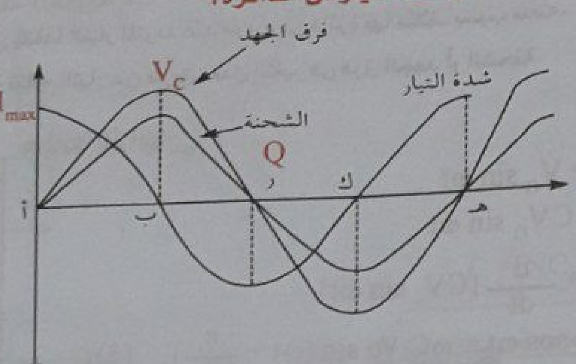
يتضح من ذلك أن تيار متردد يمر فى دائرة بها مكثف أى أن المكثف يسمح بمرور التيار المتردد فى دائرته بنفس التردد.

المفاعلة السعوية للمكثف (X_c):

تتغير الشحنة على المكثف وتكون شدة التيار الكهربى المتردد المار فى أى لحظة يتناسب طرديًا مع معدل التغير فى الشحنة للمكثف ولكن الشحنة وفرق الجهد على المكثف متفقين فى الطور عندما تزيد الشحنة يزيد فرق الجهد.

$$I \propto \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

العلاقة البيانية بين فرق الجهد والشحنة وشدة التيار فى الدائرة:



تصل الشحنة وفرق الجهد معا إلى الصفر فى النقاط (أ ، ر ، هـ). ويكون معدل التغير فيها أكبر ما يمكن وتكون شدة التيار قيمة عظمى لأن.

$$\because Q = C V \qquad \therefore I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta}{\Delta t}(CV)$$

$$I = C\frac{\Delta V}{\Delta t} \qquad \therefore I \propto \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

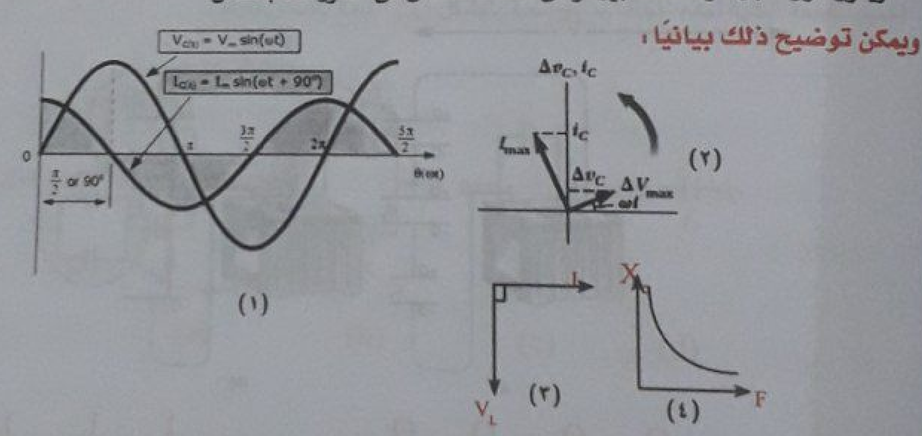
وهو ميل المماس ويكون المماس للجهد فى البداية قيمة عظمى فيكون شدة التيار قيمة عظمى ثم يقل الميل حتى ينعدم ثم يزيد بالسالب وهكذا.

ويكون التيار قيمة عظمى عند نقاط (أ، هـ) قيمة عظمى موجبة وعند (ر) قيمة عظمى سالبة والعكس عند النقاط (ب،ك) يكون الجهد والشحنة قيمة عظمى فيكون معدل التغير فى الشحنة = صفر أما شدة التيار = صفر.

وبذلك يكون التيار سابق الجهد بمقدار $90°$ فى زاوية الطور.

ويكون فرق الجهد والشحنة بين لوحى المكثف متفقان فى الطور كما بالشكل.

ويمكن توضيح ذلك بيانيًا:



وقد وجد أن المفاعلة السعوية تتناسب عكسيًا مع سعة المكثف وكذلك تتناسب عكسيًا مع تردد المصدر وتحسب من العلاقة

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$$

تعريف المفاعلة السعوية X_c:

هى الممانعة التى يلقاها التيار المتردد عند مروره فى دائرة بها مكثف بسبب سعته.

المفاعلة السعوية تقاوم التيار عن طريق معدل التغير فى فرق الجهد أو الشحنة.

معلومة إثرائية

$$\because V = V_c = V_o \sin \omega t$$

$$Q = C V = CV_o \sin \omega t$$

$$I = \frac{dQ}{\Delta t} = \frac{d}{dt}\{CV_o \sin \omega t\}$$

$$I = \omega CVo \text{ sos } \omega t = \omega C Vo \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (1)$$

$$\because I = \frac{V}{R} \qquad \therefore X_c = \frac{1}{\omega C} \text{ أوم}$$

من المعادلة (1) التيار سابق الجهد بمقدار 90° فى زاوية الطور.

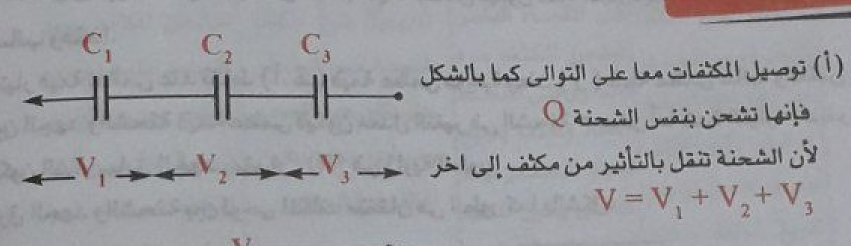
توصيل المكثفات معًا:

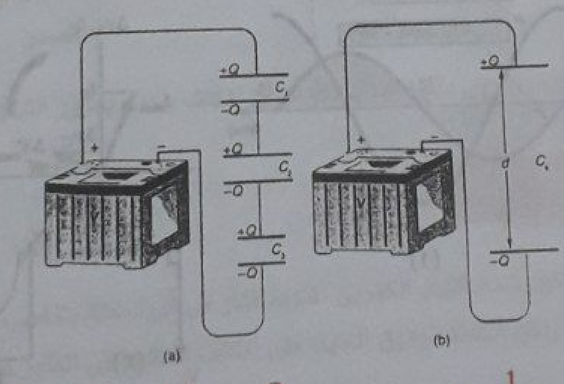
(أ) توصيل المكثفات معا على التوالى كما بالشكل

فإنها تشحن بنفس الشحنة Q

لأن الشحنة تنقل بالتأثير من مكثف إلى اخر

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$





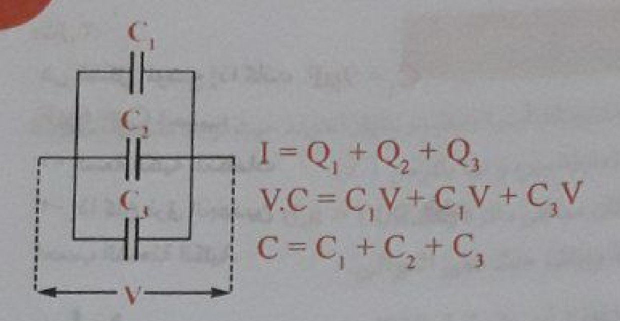
$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \qquad \therefore I = \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

إذا كانت المكثفات متساوية السعة

$$C = \frac{C_1}{N}$$

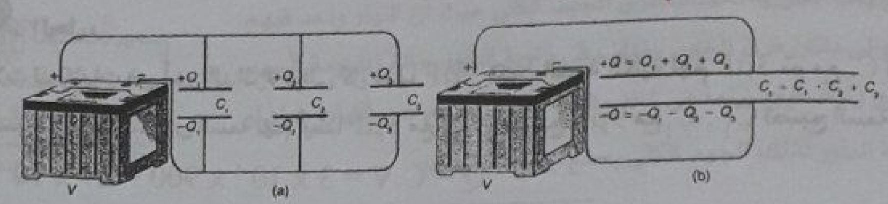
(ب) توصيل المكثفات على التوازى تكون الجهود كما بالشكل متساوية:

والشحنة تتوزع على المكثفات حسب السعة



$$I = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$V.C = C_1V + C_1V + C_3V$$
$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

إذا كانت المكثفات متساوية السعة $C = NC_1$



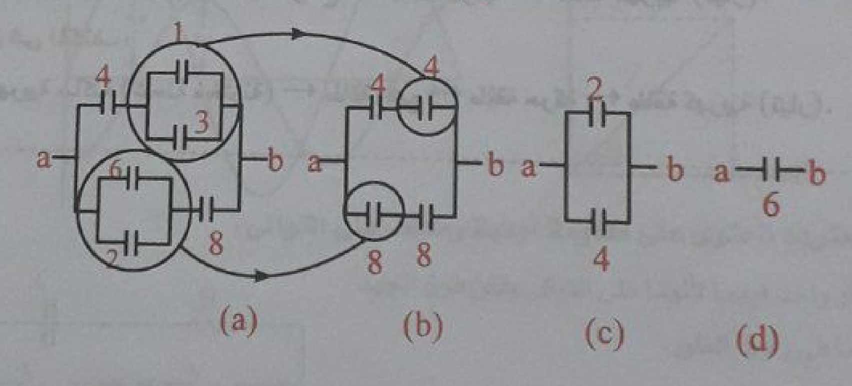
ملحوظة

إذا كان فى الدائرة المصدر المتردد ملف عديم المقاومة ومكثف فقط تسمى مفاعلة X. $X =$ الفرق $= X_L - X_C$

أمثلة

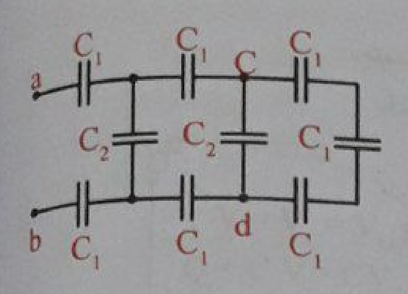
مثال ١:

احسب السعة الكلية لهذه المكثفات الموضحة بالشكل (a) السعة بالميكروفاراد:





مثال ٢:



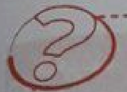
فى الشكل الموضح إذا كانت $C_1 = 9\mu F$

احسب: $C_2 = 6\mu F$

١- السعة الكلية للمكثفات.

٢- إذا كان فرق الجهدين $a,b = 900$ فولت

احسب الشحنة الكلية.



الحل:

الثلاث للمكثفات فى آخر الدائرة توالى كل منها $9\mu F$ تكون السعة الكلية لهم $3\mu F$ ثم مع C_2 توازى تصبح $9\mu F$ ثم تصبح ٣ مكثفات توالى السعة لهم أيضًا $3\mu F$ مع (C_2) تصبح $9\mu F$ مع C_1 , C_1 تصبح السعة الكلية $3\mu F$

$Q = C.V = 3 \times 10^{-4} \times 900 = 27 \times 10^{-4}$ كولوم

البطارية والمكثف المشحون عند غلق دائرتهما مع المقاومة يمر تيار **قارن بين صور الطاقة المختزنة فى كل منهما؟**

البطارية تخزن الطاقة فيها على صورة الطاقة الكيميائية تعطى طاقة وضع للإلكترونات تدفعها للحركة وهى تعمل تيار كهربى.

والمكثف يخزن الطاقة الكهربية فى صورة طاقة وضع

ويكون فى البطارية:

طاقة كيميائية (تفاعلات) ⟵ طاقة وضع ⟵ طاقة حركية ⟵ طاقة كهربية (تيار).

ويكون فى المكثف:

طاقة كهربية ساكنة (شحنة مختزنة) ⟵ طاقة وضع ⟵ طاقة حركة ⟵ طاقة كهربية (تيار).

(المعاوقة) Impedance

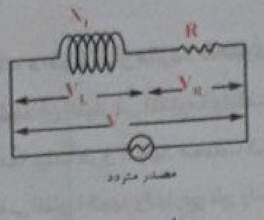
فى الدوائر الكهربية التى تحتوى على ملفات ومكثفات ومقاومات أومية ومصدر للتيار المتردد حيث توجد مفاعلة ومقاومة للتيار الكهربى ويطلق على المفاعلة والمقاومة معًا اسم المعاوقة ويرمز لها بالرمز (Z).

تعريف المعاوقة: هى مكافئ المفاعلة والمقاومة إذا كان معا فى دائرة واحدة.

٤- دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية وملف حث على التوالى.

أى ملف حث يكون له مقاومة أومية أو موصل مع مقاومة أومية.

ويستخدم المتجهات الطورية لحساب فرق الجهد الكلى حيث أن التيار واحد فيهم لأنهم على التوالى ولكن فرق الجهد يختلف فى زاوية الطور حالة المقاومة الجهد والتيار فى طور واحد فيها بينما فى الملف فرق الجهد يتقدم عن التيار بمقدار $90°$ فى زاوية الطور لذلك الجهد الكلى يجمع جميع متجهات. كما بالشكل

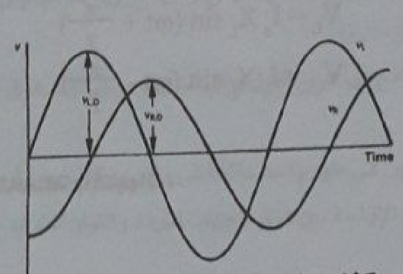


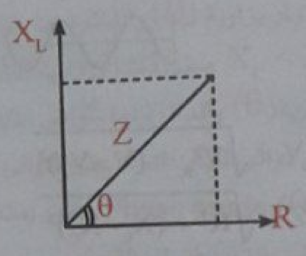
$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$\tan\theta = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{X_R}$$

وتحسب المعاوقه من العلاقة

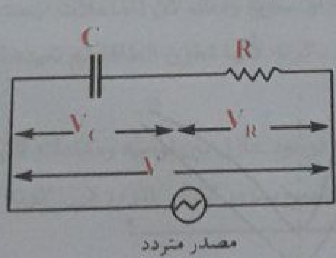
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$





٥- دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية ومكثف على التوالى:

نجد أن التيار واحد فيهما لأنهما على التوالى ولكن فرق الجهد يختلف بينهما فى زاوية الطور.



التيار والجهد فى مقاومة فى طور واحد بينما فرق الجهد فى المكثف يتأخر $90°$ فى زاوية الطور عن التيار.



V_R

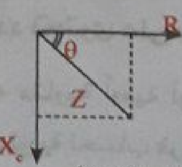
V_C

$$V = \sqrt{V^2_R + V^2_C}$$

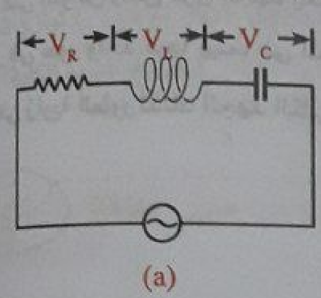
$$\tan\theta = \frac{-V_C}{V_R} = \frac{-X_C}{R}$$

وبالقسمة على شدة التيار تكون المعاوقة تحسب:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2_C}$$



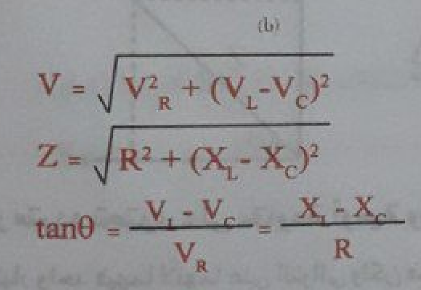
٦- دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة وملف حث ومكثف جميعًا على التوالى:



(a)

نجد أن التيار فى المقاومة والملف والمكثف هو نفسه لإتصالهم على التوالى معًا بينما فرق الجهد مختلف فى كل منهم فى زاوية الطور.

فى المقاومة الجهد والتيار فى طور واحد فى الملف يتقدم الجهد عن التيار بمقدار 90° فى الطور فى المكثف يتأخر الجهد عن التيار بمقدار 90° فى الطور.


(b)

$$V_R = I_o R \sin \omega t$$

$$V_L = I_o X_L \sin (\omega t + \frac{\pi}{2})$$

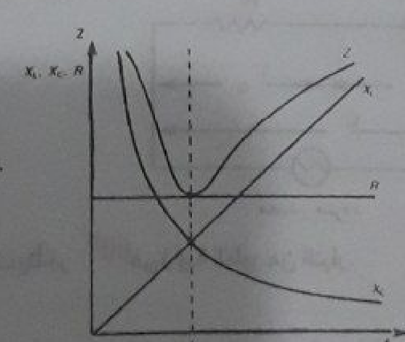
$$V_C = I_o X_L \sin (\omega t - \frac{\pi}{2})$$

المحصلة بالمتجهات:

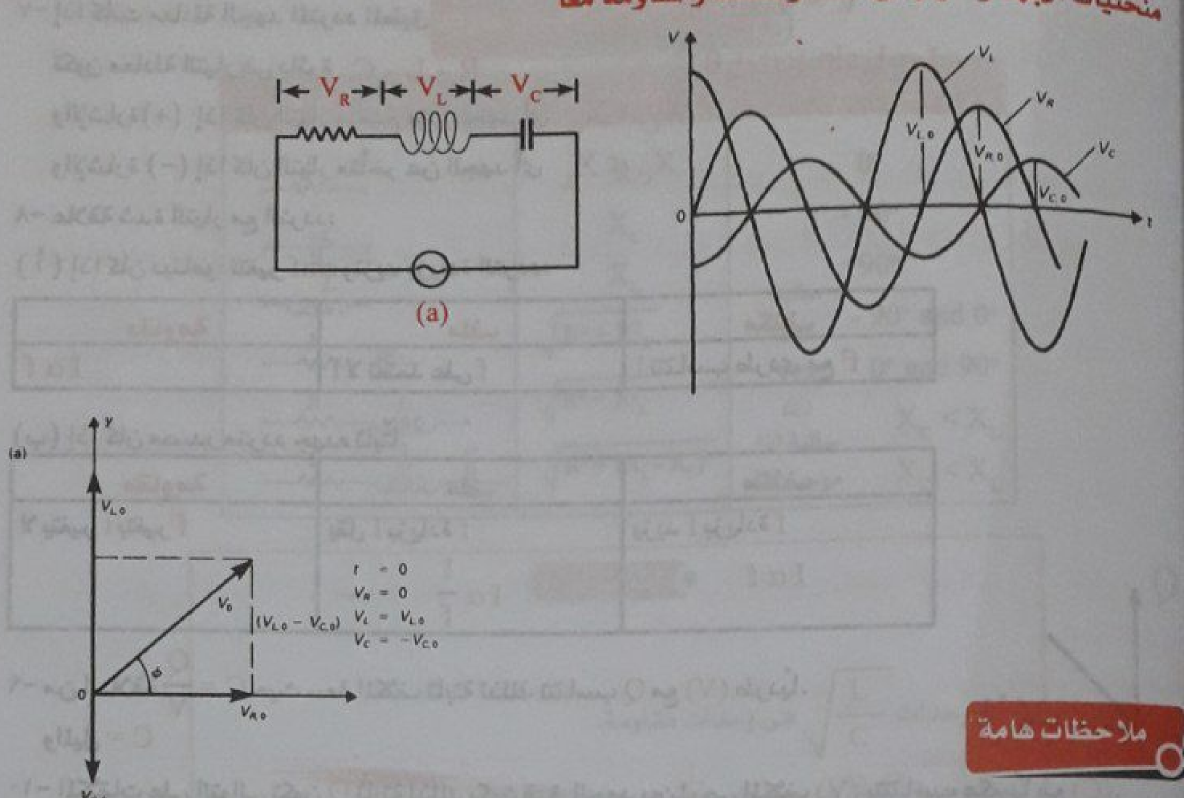
$$V = \sqrt{V^2_R + (V_L - V_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\tan\theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$



منحنيات الجهد والتيار فى الملف والمكثف والمقاومة معًا



ملاحظات هامة

١- إذا كانت $X_L < X_C$ معنى ذلك أن زاوية الطور تقع فى الربع الرابع وظل الزاوية سالب وأن فرق الجهد الكلى يتخلف عن التيار بزاوية (θ) والدائرة لها خواص سعوية.

٢- إذا كانت $X_C < X_L$ معنى ذلك أن زاوية الطور تقع فى الربع الأول وظل الزاوية موجب وأن فرق الجهد الكلى يتقدم عن التيار بزاوية(θ) والدائرة لها خواص حثية.

٣- شدة التيار فى دوائر التيار المتردد على التوالى يكون فى طور واحد دائمًا فى ملف ومكثف ومقاومة.

٤- زاوية الطور Phase angle (θ) : تقدر بمقدار الإزاحة بين فرق الجهد المتردد والتيار المتردد عند تمثيلهما بيانيًا على نفس مقياس الزمن فى لحظة ما.

٥- فى دوائر التيار المتردد لا تستهلك طاقة فى المفاعلات سواء حثية أو سعوية وذلك لأن المفاعلات ليست مقاومات حقيقية ولكنها تعوق التيار الأصلى عن طريق تولد تيار عكسى، فى دائرته لأنها تخزن الطاقة ثم تعيدها فيها ثانيًا فلا يستهلك طاقة.

٦- المكثف مقاومته الأومية لا نهائية حيث لا يمر به تيار كهربى مستمر لوجود عازل بين لوحيه ومفاعلته للتيار المستمر = لا نهاية وذلك لأن التردد = صفر وتكون $X_C = \infty$ ولكن المكثف يسمح بمرور التيار المتردد فى دائرته لأنه يشحن ويفرغ شحنته كل نصف دورة وهكذا يمر فى دائرته التيار المتردد.

$V = V_0 \sin \omega t$

$I = I_0 \sin (\omega t \pm \theta)$

٧- إذا كانت معادلة الجهد المتردد المطبق

تكون معادلة التيار فى دائرة R - L - C ،

والإشارة(+) إذا كان التيار متقدم على الجهد أى $X_L < X_C$

والإشارة (−) إذا كان التيار متأخر عن الجهد أى $X_C < X_L$

٨- علاقة شدة التيار مع التردد:

(أ) إذا كان دينامو: تتغير emf وتزيد بزيادة التردد:

مقاومة	ملف	مكثف
$I \alpha f$	I لا تعتمد على f	I تتناسب طردى مع f^2

(ب) إذا كان مصدر متردد جهده ثابتًا.

مقاومة	ملف	مكثف
لا يتغير I بتغير f	يقل I بزيادة f $I \alpha \frac{1}{f}$	يزيد I بزيادة f $I \alpha f$

٩- من العلاقة $C = \frac{Q}{V}$ حيث سعة المكثف ثابتة لذلك تتناسب Q مع (V) طرديًا.

والميل = C

١٠- المكثفات على التوالى تكون Q ثابتة لذلك يكون فرق الجهد بين لوحى المكثف (V) يتناسب عكسيًا مع (C).

١١- المكثفات على التوازى تكون (V) ثابتة فإن Q تتناسب طرديًا مع (C).

ملخص دوائر التيار المتردد

زاوية الطور θ	المعاوقة Z	عناصر الدائرة
0°	R	R
-90°	X_C	C
$+90^\circ$	X_L	L
سالبة بين -90° and 0°	$\sqrt{R^2 + X_C^2}$	R C
موجبة بين 0° and 90°	$\sqrt{R^2 + X_L^2}$	R L
سالبة إذا $X_C < X_L$ موجبة إذا $X_C < X_L$	$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	R L C

أثبت أن

(أ) وحدات $\sqrt{\frac{L}{C}}$ هى وحدات مقاومة.

(ب) وحدة $R.C$ هى وحدت $\frac{L}{R}$ هى وحدات زمن.

الإثبات:

(أ) $\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{\text{هنرى}}{\text{فارد}}} = \sqrt{\frac{\text{فولت . ثانية . فولت}}{\text{أمبير} \times \text{كولوم}}} = \sqrt{\frac{(\text{فولت})^2 \text{ . ثانية}}{(\text{أمبير})^2 \times \text{ثانية}}} = $ أوم.

(ب) $R.C = \text{أوم} \times \text{فارد} = \text{أوم} \times \frac{\text{كولوم}}{\text{فولت}} = \frac{\text{أوم . أمبير . ثانية}}{\text{فولت}} = $ ثانية.

$\frac{L}{R} = \frac{\text{هنرى}}{\text{أوم}} = \frac{\text{فولت . ثانية}}{\text{أمبير} \times \text{أوم}} = $ ثانية.

معلومة إثرائية

عامل القدرة فى دوائر التيار المتردد هو $\cos\theta$

أمثلة

مثال١:

ملف حثه الذاتى $\frac{1}{275}$ هنرى وعديم المقاومة. احسب شدة التيار الكهربى المار فيه عند توصيله بمصدر تيار متردد قوته الدافعة الكهربية 16 فولت وتردده 50 ذ / ث وكم تكون القيمة العظمى لشدة التيار الكهربى المار فيه.

الحل:

عندما يذكر القوة الدافعة الكهربية للمصدر أو جهد المصدر المتردد يقصد بذلك «القيمة الفعالة» ما لم يذكر خلاف ذلك.

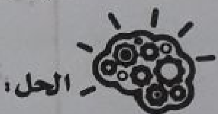
$$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{7}{275} = 8$$ أوم

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{X_L} = \frac{16}{8} = 2$$ أمبير

$$I_{(max)} = \frac{2}{0.707} = 2.828$$ أمبير

مثال٢:

مكثف سعته 50 ميكروفاراد وصل فى دائرة كهربية بها مصدر متردد جهده 200 فولت وتردده 35 ذ/ث احسب
١- المفاعلة السعوية للملف.
٢- شدة التيار المار فى الدائرة.



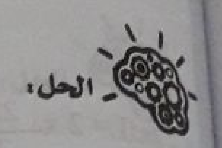
الحل:

$$X_C = \frac{7}{2\pi fC} = \frac{1 \times 7}{2 \times 22 \times 50 \times 35 \times 10^{-6}} = \frac{10^{-6}}{110} = \frac{1000}{11}\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{200 \times 11}{1000} = 2.2$$ أمبير

مثال٣:

مصــدر تيار متردد فرق جهـده 220 فولت وتردده 50 هرتز. وصل على التــوالى مع ملف حثه الذاتى $\frac{28}{110}$، ومقاومته 60 أوم أوجد شدة التيار المار فى الدائرة وزاوية الطور.



الحل:

$$X = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{28}{110} = 80\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(60)^2 + (60)^2} = 100$$ أوم

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{100} = 2.2$$ أمبير

$$\tan\theta \times \frac{X_L}{R} = \frac{80}{60} = \frac{8}{6} \qquad \therefore \theta = 53.13^\circ$$

مثال٤:

مكثف سعته $\frac{50}{11}$ ميكروفاراد متصل بمقاومة 100 أوم على التوالى يمر بهما تيار تردده 70هرتز. احسب:

١- معاوقة الدائرة.

٢- الزاوية التى يختلف بها فرق الجهد على المكثف عن التيار.



الحل:

$$X_C = \frac{7}{2\pi fC} = \frac{1 \times 7}{2 \times 22 \times 70 \times 50 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{2 \times 2 \times 10 \times 50} = 500$$ أو

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{10000 + 250000}$$

$$Z = \sqrt{260000} = 100\sqrt{26}$$ أوم

$$\tan\theta \times \frac{-X_C}{R} = \frac{-500}{100} = -5 \qquad \theta = 78.8^\circ$$ تقع فى الربع الرابع

مثال٥:

مولـد تيـار كهربى متردد يعطى فرقًا فـى الجهد قدره 220 فولت وتردده 50 هرتز وصـل على التوالى مع ملف حثه الذاتـى 0.28 هـنرى ومقاومـة مقدارها 60 أوم ومكثـف مفاعلته السعويـة 8 أوم أوجد شدة التيـار الكهربى المار فى الدائرة. وزاوية الطور.



الحل:

$X_L = 2\pi f L = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{28}{110} = 80\Omega$

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{3600 + (88 - 8)^2} = 100\Omega$

$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{100} = 2.2$ أمبير

$\tan\theta = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{88 - 8}{60} = \frac{80}{60}$ $\qquad \theta = 53.13°$

مثال٦:

إذا وصل ملف بمصدر مستمر للتيار الكهربى قوته الدافعة 11 فولت كانت شدة التيار المار فيه 2.2 أمبير وعند توصيل الملف بمصدر تيار متردد تردده 50 ذ/ث وقوته الدافعة الكهربية 13 فولت. كانت شدة التيار الكهربى المار فى الملف واحد أمبير، احسب الحث الذاتى للملف.

الحل:

$R = \frac{V}{I} = \frac{11}{2.2} = 5\Omega$

عند التوصيل مع المصدر المتردد تحسب المعاوقة.

$Z = \frac{V}{I} = \frac{11}{1} = 13\Omega$ $\qquad \therefore Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

$13 = \sqrt{25 + X_L^2}$ بتربيع الطرفين

$169 = 25 + X_L^2$ ومنها

$Z = 169 - 25 = 144$ $\qquad \therefore X_L = \sqrt{144} = 12\Omega$

$\because X_L = 2\pi f L$

$\therefore L = \frac{12}{2 \times \frac{22}{7} \times 50}$ $\qquad L = \frac{21}{550}$ هنرى

مثال٧:

(الأزهر ٢٠١٨) فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل مع إهمال مقاومة الأميتر الحرارى احسب:

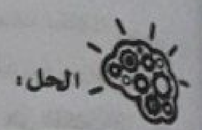
١- معاوقة الدائرة.

٢- قراءة الأميتر الحرارى.

$X_C = 15\Omega$ $\quad R = 5\Omega$ $\quad X_L = 15\Omega$

أميتر حرارى

$V = 120 \sin\omega t$



الحل:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{25 + (20 - 15)^2} = 5\sqrt{2}\,\Omega$$

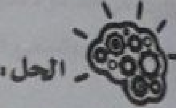
الأميتر الحرارى يقرأ القيمة الفعالة لشدة التيار

$$V_{eff} = \frac{120}{\sqrt{2}} \quad , \quad I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

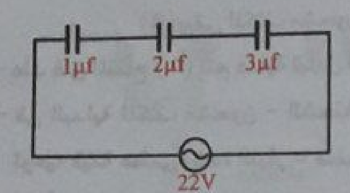
$$= \frac{120}{\sqrt{2} \times 5\sqrt{2}} = 12A$$

مثال ٨:

ثلاث مكثفات السعة لهم 3 , 2 , 1 ميكرو فاراد توصل على التوالى مع مصدر متردد قوته الدافعة 22V احسب فرق الجهد على كل منهم.



الحل:



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{11}{6}$$

$$C = \frac{6}{11}\ \mu F$$

$$X_C = \frac{1}{\omega c} = \frac{11 \times 10^6}{\omega \times 6}$$

$$I = \frac{22 \times \omega \times 6}{11 \times 10^6} = 12\omega \times 10^{-6}$$

$$V_1 = IX_{c1} = 12\omega \times 10^6 \times \frac{1}{\omega \times 10^{-6}} = 12V$$

وهكذا $V_2 = 6V$, $V3 = 4V$



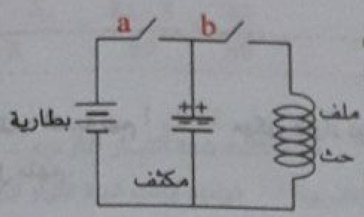
Oscillatov Circuit (الدائرة المهتزة)

• هى دائرة عبارة عن مكثف مشحون وملف حث يحدث بها تبادل الطاقة الكهربية المخزونة فى المكثف إلى طاقة مغناطيسية فى ملف الحث.

• **فكرة العمل:** تبادل الطاقة المختزنة فى المكثف على هيئة طاقة كهربية مع الطاقة المختزنة فى الملف على هيئة طاقة مغناطيسية.

• **الغرض منها:** توليد ذبذبات عالية التردد - تستخدم فى الإرسال اللاسلكى.

• **العمل:**

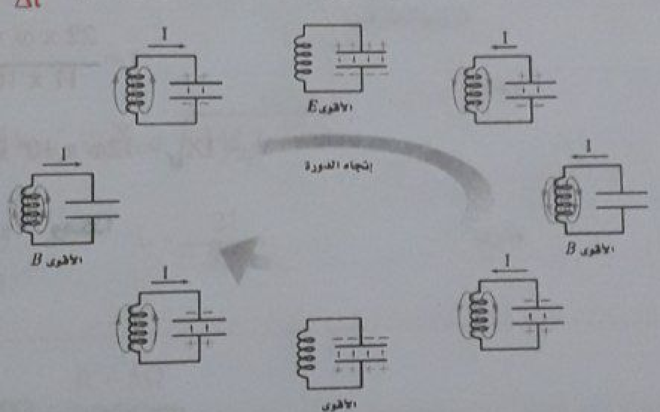


١- عند غلق المفتاح (a) يمر تيار لحظيًا ويشحن المكثف اللوح المتصل بالقطب الموجب يكون موجبًا والمتصل بالقطب السالب يكون سالب ويتوقف التيار ويتولد مجال كهربى بين لوحى المكثف تختزن الطاقة، على هيئة طاقة كهربية ثم يفتح (a) يبقى المكثف مشحون.

٢- عند غلق المفتاح (b) تتم عملية تبادل الطاقة على 8 مراحل كما بالشكل هى:

a- فى البداية المكثف مشحون - الشحنة عليه قيمة عظمى - فرق الجهد عليه قيمة عظمى والمجال الكهربى بين لوحيه قيمة عظمى وشدة التيار = صفر.

b- يبدأ المكثف فى تفريغ الشحنة عبر الدائرة والملف ويكون فى البداية معدل تغير التيار قيمة كبيرة $(\frac{\Delta I}{\Delta t})$ ثم يقل معدل تغير التيار ويزيد شدة التيار جيبيًا حتى يصبح التيار قيمة عظمى وينعدم $(\frac{\Delta I}{\Delta t})$



c- المكثف يكون تم تفريغ الشحنة ويصبح فرق الجهد عليه صفر ويكون التيار المار فى الملف قيمة عظمى I_{max} وبذلك يكون المجال المغناطيسى المخزن فى الملف قيمة عظمى أى تحولت الطاقة إلى طاقة مغناطيسية فى الملف.

d- وبسبب تناقص الفيض فى الملف يتولد تيار مستحث طردى فى نفس الاتجاه السابق يعمل على سحب مزيدًا من الشحنات الموجبة من اللوح العلوى للمكثف إلى اللوح السفلى وبذلك يعاد شحن المكثف فى الاتجاه المضاد ويقل التيار حتى ينعدم.

e- يصبح المكثف مشحون قيمة عظمى أى تحولت الطاقة المغناطيسية من الملف إلى المكثف تخزن فيه على هيئة مجال كهربى فى عكس الاتجاه السابق فى الحالة (a).

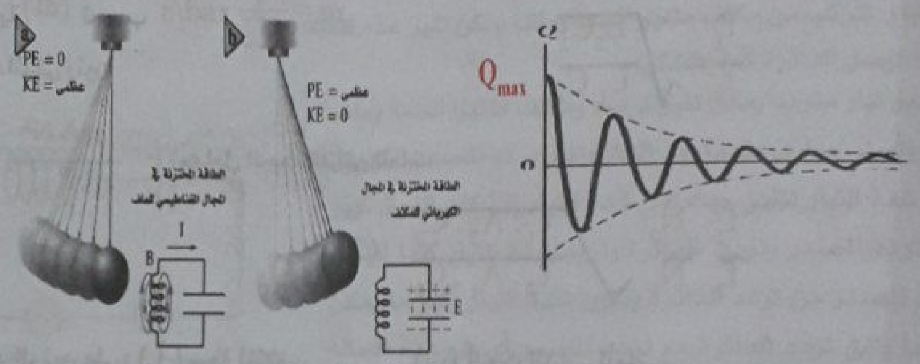
f- يبدأ المكثف فى تفريغ الشحنة عبر الدائرة ويمر تيار يزيد تدريجيًا ولكن الاتجاه المضاد فى النصف الأول حيث يتولد مجال مغناطيسى.

g- يكون المكثف فرغ كل شحنته فى الملف ويصبح التيار قيمة عظمى والمجال المغناطيسى فى الملف قيمة عظمى فى الاتجاه العكس للأول.

h- يقل الفيض المغناطيسى ويتولد تيار مستحث طردى يسحب المزيد من الشحنة الموجبة من اللوح السفلى إلى اللوح العلوى حتى يصبح التيار = صفر والمكثف مشحون مثل البداية ويكون أتم دوره كامل.

وهكذا يحدث تبادل للطاقة بإستمرار بين المجالين الكهربى والمغناطيس وتتولد بذلك ذبذبات عالية التردد كما يحدث فى البندول البسيط حيث يتم فيه تبادل طاقة الوضع والحركة

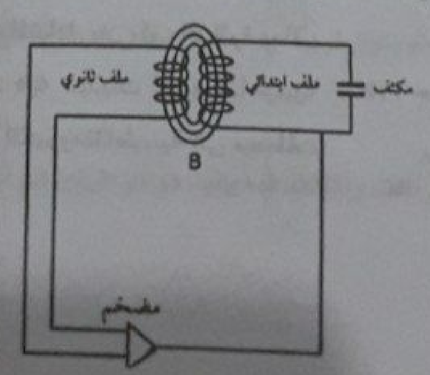
ونظرًا لوجود مقاومة فى الملف والأسلاك الأخرى فإن جزء من الطاقة يتحول تدريجيًا إلى طاقة حرارية فيقل شدة التيار المتردد فى الدائرة تدريجيًا ويقل فرق الجهد بين لوحى المكثف والشحنة تدريجيًا إلى أن ينعدم ويتوقف الشحن والتفريغ وينعدم التيار وتسمى الذبذبات المضمحلة.



والرسم يمثل إضمحلال الشحنة بين لوحى المكثف بمرور الوقت ولكن إذا أمكن تغذية المكثف بشحنات إضافية تعوض النقص المستمر فيستمر عملية الشحن والتفريغ، وذلك يزود الملف والمكثف بنبضات جهد بترددات مناسبة حتى تحافظ على استمرار حدوث الإهتزازات دون إضمحلالها.

الذبذبات المضمحلة: هى ذبذبات عالية التردد تتولد فى الدائرة المهتزة حيث تقل الشحنة المنتقلة تدريجيًا حتى تنعدم وينعدم فرق الجهد بين لوحى المكثف بسبب فقد جزء من الطاقة تدريجيًا بسبب مقاومة الأسلاك.

وللحفاظ على الذبذبات دون إضمحلال يحدث تغذية خلفية بطريقة معينة عن طريق الدائرة الموضحة.





حساب تردد الرنين فى الدائرة المهتزة :

- معنى الرنين لدائرة بها ملف ومكثف على التوالى:

(أ) يعمل الملف على تقديم فرق الجهد على التيار فى زاوية الطور.

(ب) يعمل المكثف على تأخير فرق الجهد فى الطور عن التيار، وعند التحكم فى المفاعلتين حتى يتساويان فإن تأثير إحداهما يلغى تأثير الأخر عند ذلك يتفق الجهد مع التيار فى الطور فيكون التيار أكبر شدة ويسمى التردد عند ذلك بتردد الرنين والدائرة فى حالة رنين وتهتز بترددها الطبيعى:

استنتاج قانون لحساب تردد الرنين:

$$X_L = X_C \quad , \quad 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

منها

$$4\pi^2 f^2 L C = 1$$

$$\text{التردد } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

حيث L معامل الحث الذاتى للملف، C سعة المكثف

السرعة الزاوية (ω) تحسب $\omega = \frac{1}{\sqrt{Lc}}$ rad/s

مقارنة تردد دائرتى رنين

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}}$$

ومن العلاقة $L = \frac{\mu A N^2}{\ell}$ معامل الحث الذاتى للملف

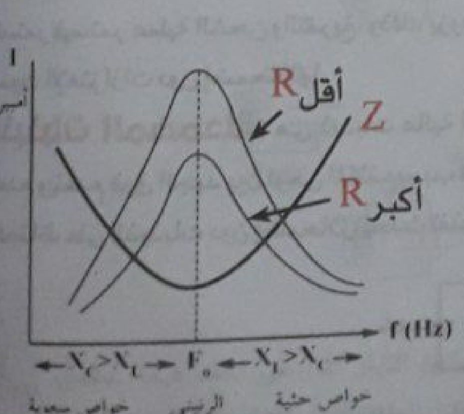
$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{N_2}{N_1}\sqrt{\frac{\ell_1 . A_2 . C_2}{\ell_2 . A_1 . C_1}} \quad (2)$$

- يتوقف تردد الرنين على: (أ) سعة المكثف. (ب) الحث الذاتى للملف.

العلاقة البيانية بين تردد مصدر جهده ثابت وشدة التيار:

التردد أقل من التردد الرنينى $X_C > X_L$

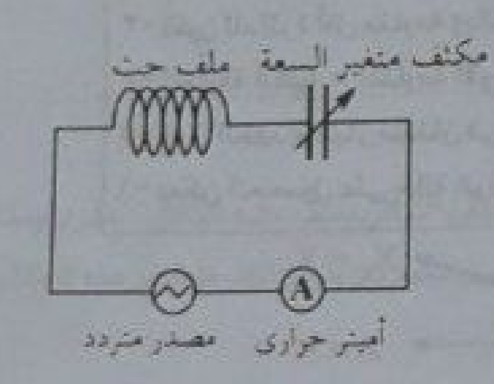
وتكون للدائرة خواص سعوية التردد أكبر من التردد الرنينى $X_L > X_C$ الدائرة لها خواص حثية كما بالشكل.



- تستخدم الدائرة المهتزة لتوليد ذبذبات عالية التردد تستخدم فى الإرسال التليفزيونى حيث تحمل الموجات المعبرة عن الصوت والصورة بطرق تعديل معينة ثم تنتقل بالحث المتبادل بين ملف الدائرة وملف آخر يتصل بهوائى الإرسال تتولد فيه ذبذبات كهرومغناطيسية متعامدة على بعضها تنقل الموجات الكهرومغناطيسية إلى محطات الاستقبال بسرعة الضوء.

دائـرة الرنيـن Tuning circuit

- **الغرض منها:** تستخدم فى أجهزة الاستقبال اللاسلكى وذلك لإختيار محطة الإذاعة المراد سماعها.
- **فكرة العمل:** إتفاق التردد الطبيعى للدائرة مع تردد المصدر المؤثر عليها فتنعدم المفاعلات ويقوى التيار.
- **التركيب:** تتركب من مكثف متغير السعة وملف يمكن تغير عدد لفاته.
- **العمل:** توصل الدائرة كما بالشكل:



مصدر تيار متردد يمكن تغير تردده ومكثف متغير السعة وملف حث وأميتر حرارى عندما يمر التيار وتغير تردد المصدر الكهربى فإن شدة التيار تتغير حيث تقل شدة التيار إذا كان الفرق كبير بين تردد المصدر وتردد الدائرة وتزيد شدة التيار كلما اقترب تردد المصدر من تردد الدائرة وتكون شدة التيار أكبر ما يمكن عندما يتفق تردد الدائرة مع تردد المصدر أى فى هذه الحالة المفاعلة الحثية تساوى المفاعلة السعوية.

ويمكن تغير تردد المصدر أو تغير سعة المكثف أو عدد لفات الملف حتى يتفق تردد الدائرة مع تردد المصدر.

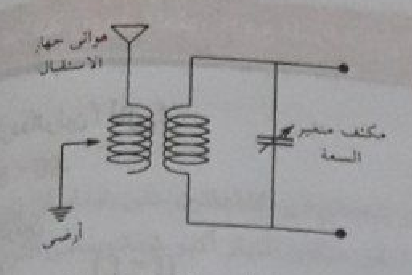
ويمكن تشبيه ما يحدث فى دائرة الرنين بالرنين فى الصوت فمثلاً عندما يتساوى تردد شوكتين رنانتين مهتزتين يقوى الصوت وعند اختلاف ترددها يضعف الصوت.

الإستنتاج من ذلك: إذا أثر فى دائرة مهتزة مصادر كهربية مختلفة التردد فى وقت واحد فإن الدائرة لا تسمح بالمرور إلا للتيار الذى يتفق تردده مع ترددها أو يكون قريبًا جدًا منها وتسمى الدائرة المهتزة فى هذه الحالة دائرة رنين.

ملحوظة

يلاحظ تكبير فرق الجهد عبر كل من الملف والمكثف فما يفيد دوائر الرنين فى أجهزة الاستقبال.





الإنتقائية أو التوليف:
عمل دائرة الرنين فى أجهزة الاستقبال اللاسلكى: تتصل دائرة الرنين فى جهاز الاستقبال اللاسلكى بهوائى (إريال) جهاز الاستقبال حيث تصل إلى الهوائى موجات محطات الإذاعة المختلفة لكل منها له تردد معين فإنها تؤثر فى الهوائى وتولد فيه تيارات لها نفس تردد المحطات المرسلة المختلفة وتنتقل إلى دائرة الرنين بالحث المتبادل بين الملفين.

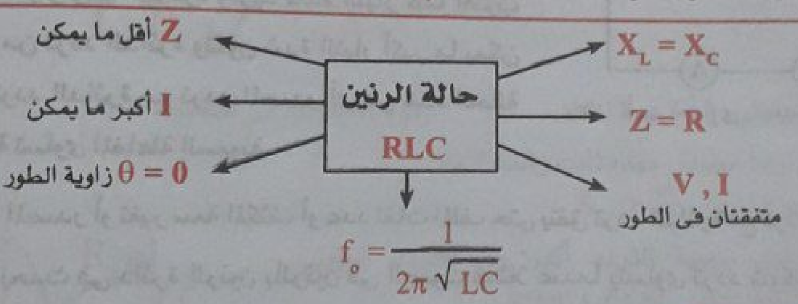
ولكن دائرة الرنين فى جهاز الإستقبال تسمح فقط بمرور التيار الذى يتفق تردده مع تردد الدائرة وعندما تريد الاستماع إلى إذاعة معينة فإنك تغير من تردد الدائرة بتغير سعة المكثف أو عدد لفات الملف فيمر التيار الذى يتفق تردده مع تردد الدائرة ثم يمر فى جهاز الإستقبال ويخضع لعمليات معينة مثل تكبيره وتقويمه ثم فصل التيار المعبر عن الصوت الذى يمر فى سماعة الاستقبال فيسمع الصوت حيث يفصل التيار المتردد عن التيار المستمر عن طريق المكثف الذى يسمح للمتردد بالتسرب إلى الأرض.

ملخص خصائص دائرة الرنين

$\omega L = \frac{1}{\omega c}$

$f \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

١- تكون فيها
٢- يكون تردد التيار f (المتولد فى الهوائى) = تردد الدائرة
٣- تكون للدائرة أقل مقاومة وبالتالى أكبر تيار يمر بها.
٤- المعاوقة الكلية = المقاومة الأومية.
٥- فرق الجهد والتيار متفقان فى الطور.
٦- يمكن الحصول على حالة الرنين بتغيير (L) أو (C) أو التردد أو تغيرهم معًا.



حساب القدرة فى دائرة R.LC:

عامل القدرة $\cos\theta = \frac{R}{Z}$ القدرة $P_w = I.V.\cos\theta$

لأن الجهد والتيار ليس فى طور واحد

وات $P_w = I.V\cos\theta = I.V.\frac{R}{Z} = IR\frac{V}{Z} = I^2R$

أمثلة

مثال ١:

دائرة بها مكثف سعته 40 ميكروفاراد وملف حث وكان تردد الرنين عندئذ 750 كيلو هرتز فإذا زيدت سعة المكثف بمقدار 32 ميكروفاراد وأصبح حث الملف خمسة أضعاف ما كان عليه أولاً احسب تردد الرنين فى هذه الحالة.

الحل:

$$\therefore X_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ومنها:

$$\frac{f_2}{f_2} = \sqrt{\frac{L_2C_2}{L_1\,C_1}} = \sqrt{\frac{5L \times 72 \times 10^{-3}}{L \times 40 \times 10^{-6}}}$$

$$\frac{750 \times 10^3}{f_2} = \sqrt{\frac{9}{1}} = \frac{3}{1}$$

$$\therefore F_2 = \frac{750 \times 10^3}{3} = 250 \times 10^3$$

هرتز = 250 كيلو هرتز

مثال٢:

دائـرة تيار كهربـى متردد بها مكثف سعته 28 ميكروفـاراد متصل على التوالى بملف حثـه الذاتى 7 هنرى ومقاومة أومية مقدارها 200 أوم، احسب شدة أكبر تيار يمر فى الدائرة وكذلك فرق الجهد بين طرفى الملف فقط فى هذه الحالة، علمًا بأن فرق الجهد للدائرة كلها 400 فولت.

الحل:

$$\therefore Z = R$$

$$I_{max} = \frac{V}{R} = \frac{400}{200} = 2$$ أمبير

$$\therefore f\ \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7}\sqrt{7 \times 28 \times 10^{-6}}} = \frac{1000}{88}$$ هرتز

ومنها

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 7 = \frac{1000}{88} = \frac{1000}{2} = 500\Omega$$

$V = I \times X_L = 2 \times 500 = 1000$ بين طرفى الملف فولت

مثال٣:

دائرة تيار متردد بها ملف ومكثف ومقاومة أومية موصلة جميعًا على التوالى وكان الجهد والتيار فيها يعطى بالعلاقة.

$V = 200 \cos (4000t - 20^{o})$

$I = 4 \cos (4000t - 80^{o})$

فإذا كان معامل الحث الذاتى للملف 1 هنرى احسب مقدار المقاومة وسعة المكثف.

الحــل:

توضح المعادلة على الصورة العادية فتصبح

$V = 200 \sin (4000t - 70^{o})$

$I = 4 \sin (4000t - 10^{o})$ $\quad Z = \frac{Vo}{Io} = \frac{200}{4} = 50\Omega$

$\omega = 4000 = 360 \times f \quad \therefore f = \frac{100}{9}$ هرتز

$X_L = \omega L = 2 \times \frac{22}{7} \frac{100}{9} = 69.8\Omega$

θ زاوية الطور

$\theta = 70 - 10 = 60^{o}$

$\therefore \cos\theta = \frac{R}{Z} \quad \therefore \frac{1}{2} = \frac{R}{50} \quad R = 25\Omega$

$\therefore 50 = \sqrt{(25)^2 + (69.8 - X_C)^2}$ منها $X_C = 26.5\Omega$

ومنها

$X_C = 26.5\Omega = \frac{1}{\omega c} = \frac{7 \times 9}{2 \times 22 \times 100 \times C}$

ومنها يمكن حساب السعة

$\therefore C = 5.4 \times 10^{-4}$ F



الحل:

موجات الراديو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر فى الفراغ بسرعة الضوء

$(C) = (3 \times 10^{8}$ م/ث)

تحددها العلاقة: $C = \lambda f$

مثال٤:

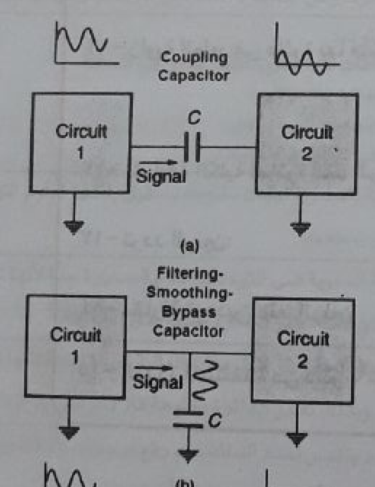
دائرة مهتزة سعة المكثف المستخدم 2 ميكروفاراد والحث الذاتى للملف 0.02 ميكروهنرى احسب ترددها.



الحل:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14\sqrt{2 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^{-6}}} = 796.18\ KHz$$ كيلو هرتز

معلومة إثرائية



العلاقة البيانية بين التردد والمفاعلات: (مع مراعاة الاتجاهات) لمصدر متردد جهده ثابت.

• عامل الجودة

هو النسبة بين فرق الجهد على أى من الملف أو المكثف إلى فرق الجهد على المقاومة.

$$Q_f = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ويكون عامل الجودة كبير فى حالة المقاومات الصغيرة

تطبيقات على المكثف:

المكثف محب للتيار المتردد يسمح بمروره لأن ممانعة صغيرة جدًا ولكن يقاوم التيار المستمر لذلك يستتخدم فى فصل التيار المتردد عن المستمر فى إشارة تحتوى المتردد المستمر

Coupling Capacitor

Circuit 1 — C — Circuit 2

Signal

(a)

Filtering-Smoothing-Bypass Capacitor

Circuit 1 — Circuit 2

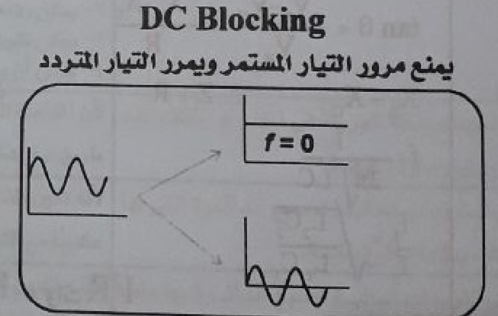
Signal

C

(b)

DC Blocking

يمنع مرور التيار المستمر ويمرر التيار المتردد



Filtering - Smoothing

يمرر التيار المستمر للدائرة الثانية ويمنع مرور التيار المتردد أو الضوضاء (Noise)

ملخص القوانين

١- المفاعلة الحثية لملف حثه الذاتى (L): $X_L = 2\pi f L \Omega = \omega L \Omega$

٢- المفاعلة السعودية لمكثف سعته (C): $X_L = x \frac{1}{2\pi f C} \Omega = \frac{1}{\omega C} \Omega$

٣- شدة التيار الكهربى المتردد الفعالة فى ملف: $X_L = x \frac{1}{2\pi f C} \Omega = \frac{1}{\omega C} \Omega$

٤- شدة التيار الكهربى الفعالة فى دائرة بها مكثف: $I = \frac{V_{eff}}{X_L}$

٥- معاوقة دائرة تحتوى على ملف حث ومقاومة: $Z = \sqrt{R^2 + Z_L^2}$

٦- معاوقة دائرة تحتوى على مكثف ومقاومة: $Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2}$

٧- مفاعلة دائرة بها ملف حث ومكثف فقط: $X = X_L - X_C$

٨- حساب فرق الجهد الكلى فى دائرى RLC $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$

٩- المعاوقة الكلية لدائرة بها ملف حث ومكثف ومقاومة: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

١٠- شدة التيار الكهربى الفعال فى دائرة بها ملف ومكثف ومقاومة $I = \frac{V_{eff}}{Z}$

١١- زاوية الطور فى دائرة بها ملف ومكثف ومقاومة على التوالى:

$$\tan\theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

١٢- المعاوقة الكلية لدائرة عند الرنين $X_L = X_C \quad \therefore Z = R$

١٣- تردد الرنين: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

١٤- مقارنة ترددين عند الرنين $\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}}$

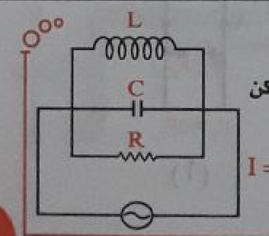
١٥- القدرة المستنفذة فى دائر RLC = وات I^2R

التعليلات الهامة

الحقيقة العلميـة	التعليـل
١- يقيس الأميتر ذو السلك الساخن التيار المتردد والمستمر.	لأن فكرة عمله تبنى على التأثير الحرارى للتيار الكهربى وكلاهما له تأثير حرارى.
٢- لا يصلح الأميـتر العادى (ذو الملف المتحرك) فى قياس شدة التيار المتردد.	يبنى عمله على ثبوت إتجاه التيار وشدته بينما التيار المتردد يتغير إتجاهه وشدته وبذلك يتذبذب المؤشر إذا كان التردد صغير ويثبت بالقصور الذاتى إذا كان التردد عالى.
٣- فـى الأميـتر الحرارى يصنـع السلك مـن سبيكة الأريديوم والبلاتين.	وذلك لأن: ١- له مقاومة كبيرة فيسخن بمرور التيار. ٢- معامل تمدده فيتمدد بدرجة ملحوظة.
٤- أقسام تدريج الأميتر الحرارى غير متساوية.	لأن كمية الحرارة المتولـدة تتناسب طرديًا مع مربع شدة التيار وليس التيار فلا ينتظم تدريجه.
٥- يتأثـر الأميتر الحـرارى بدرجة حـرارة الجو وبه خطأ صفرى.	لأن يعتمـد علـى التأثير الحرارة وعندما ترتفع حـرارة الجو يسخن ويتمدد السلك ويرتخى فيتحرك المؤشر على التدريج أى يكون به خطأ صفرى.
٦- يوجد بالأميتر الحرارى مسمار ضبط المؤشر على صفر التدريج قبل التوصيل.	وذلـك لأن السلك يتأثر بحـرارة الجو لذلك يضبط بواسطـة المسمار حتى يكون دائمًا السلك مشدود والمؤشر على الصفر قبد بدأ القياس.
٧- فـى دوائر التيار المتردد تكـون شدة التيار أكبر ما يمكن عظمى فى حالة الرنين.	لأنـه عند الرنـين تكون المفاعلة الحديثـة = المفاعلة السعوية $X_L = X_C$ وبذلـك تكون $Z = R$ أى تكـون المقاومة الكلية أصغر مـا يمكن والتيار أكبر ما يمكن تلغى كل منهم تأثير الأخرى.
٨- للمقاومة قيمة واحدة بينما للمفاعلة قيم لا نهائية.	لأن المفاعلة تعتمد على التردد للمصدر ولكل مصدر تردد خاص فيكون بذلك للمفاعلة قيم مختلفة حسب التردد ولكن المقاومة لا تعتمد على التردد فتظل قيمتها ثابتة.
٩- يفضل التيار المتردد عن التيار المستمر.	وذلك لأن التيار المتردد: ١- يمكن نقله لمسافات بعيدة دون فقط يذكر فى الطاقة. ٢- يمكن رفعه وخفضه بالمحولات. ٣- يمكن تقويمه وتحويله إلى مستمر. ٤- يمكن أن يمر فى دوائر بها مكثفات.
١٠- لا تستهلك طاقة كهربية فى الملف أو المكثف عند مرور تيار متردد فيهما.	لأن المفاعلة الحثية والسعوية ليست مقاومات حقيق ولكنها تقاوم التيار عن طريق تيار عكسى مستحث.
١١- فى الـترددات العاليـة تصبح الدائـرة التى بها مكثف بمثابة دائرة مغلقة.	لأنه تكون المفاعلة السعوية فـى الترددات العالية صغيرة جدًا لأنها تتناسب عكسيًا مع التردد وبذلك تعتبر الدائرة مغلقة بدون مقاومة.
١٢- فـى الترددات العاليـة تصبح الدائـرة بها ملف بمثابة دائرة مفتوحة مع ثبات جهد المصدر	لأنـه تكـون المفاعلة الحثية فى الـترددات العالية كبيرة جـدًا لأنها تتناسب طرديًا مع التردد وبذلك تعتبر الدائرة مفتوحة فلا يمر تيار يذكر.
١٣- يوضـع سلك الأميتر الحـرارى على صفيحة من نفس نوع مادته وغير متصل بها.	وذلـك حتى تتمدد بنفـس تمدد السلك عند رفع درجة حـرارة الجو وبذلك يظل السلك مشدود دائمًا فلا يوجد به خطأ صفرى.

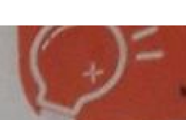
معلومة إثرائية

فى دائرة التيار المتردد على التوازى يكون فرق الجهد واحد وفى طور واحد ولكن التيار يختلف فى الطور فى كل منهم ويحسب



$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

الإثبات دليل المعلم



اختبارات على الوحدة الأولى (الكهرباء)

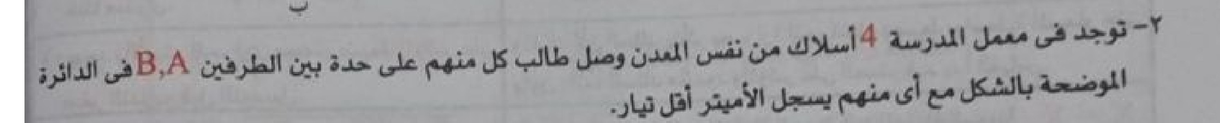
بوكليت (١)

اختر أدق إجابة من الآتى:

١- السلك أب الموضوع فى المجال المغناطيسى الموضح بالشكل يمر به تيار من أ إلى ب عند تحركه جهة.

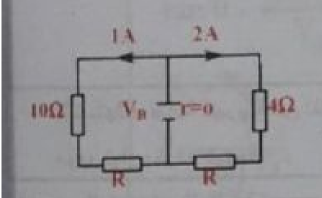
(أ) الشرق (ب) الغرب

(جـ) لأعلى (د) الشمال



٢- توجد فى معمل المدرسة 4 أسلاك من نفس المعدن وصل طالب كل منهم على حدة بين الطرفين B,A فى الدائرة الموضحة بالشكل مع أى منهم يسجل الأميتر أقل تيار.

	الطول	القطر
أ	1 m	1 m m
ب	1 m	0.5 m m
جـ	0.5 m	1 m m
د	0.5 m	0.5 m m



٣- فى الدائرة الموضحة بالشكل تكون قيمة المقاومة R هى بالأوم.

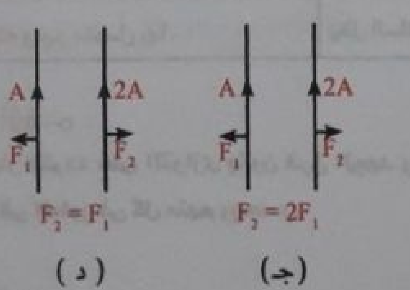
(أ) أ = 4 ، (ب) = 3، (جـ) = 2

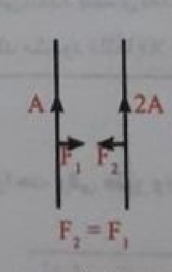
(د) = 1

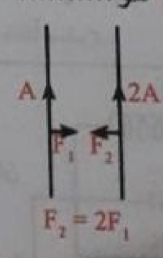
٤- وتكون فى الدائرة السابقة V_B القوة الدافعة بالفولت.

(أ = 4 ، ب = 8 ، جـ = 12، د = 18)

٥- فى الشكل سلكان طويلان يحملان تيار 1A , 2A فإن القوة لوحدة الأطوال على كل منهم F_1 , F_2 الشكل الذى يمثل مقدار F_1 , F_2 هو ....



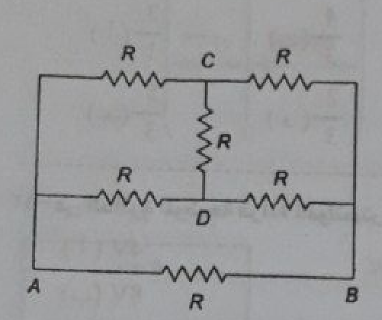




٦- عند توصيل عدد (n) من المقاومات المتساوية كل منهم R على التوالى كانت المقاومة المكافئة هى (X) وعند توصيلهم على التوازى معًا كانت المقاومة الكلية لهم (y) فإن قيمة المقاومة (R) هى ....

(أ) $\frac{xy}{x+y}$ (ب) $y - x$

(جـ) $\sqrt{x.y}$ (د) $x + y$



٧- المقاومة الكلية بين A , B هى ....

(أ) R (ب) $\frac{R}{2}$

(جـ) $4R$ (د) $2R$

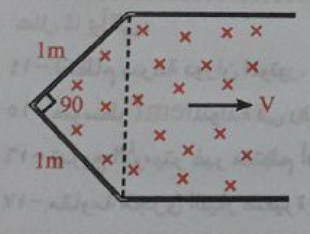
٨- فى الشكل دائرة على هيئة نجمة المقاومة المكافئة بين H , A هى ......

(أ) $1.94r$

(ب) $0.97r$

(جـ) $0.48r$

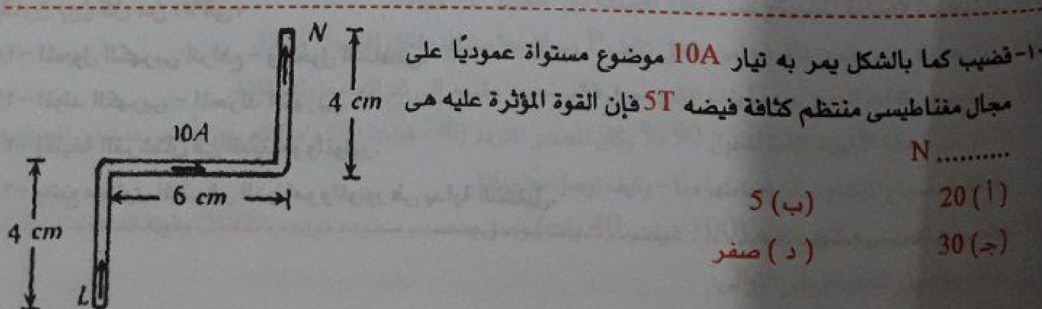
(د) $0.24r$



٩- قضيب كما بالشكل مكون من 4 أجزاء كل جزء طوله $1m$ موضوع عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه $2T$ يتحرك بسرعة $8m/s$ فإن emf المتولدة هى ...... فولت.

(أ) $32\sqrt{2}$ (ب) $16\sqrt{2}$

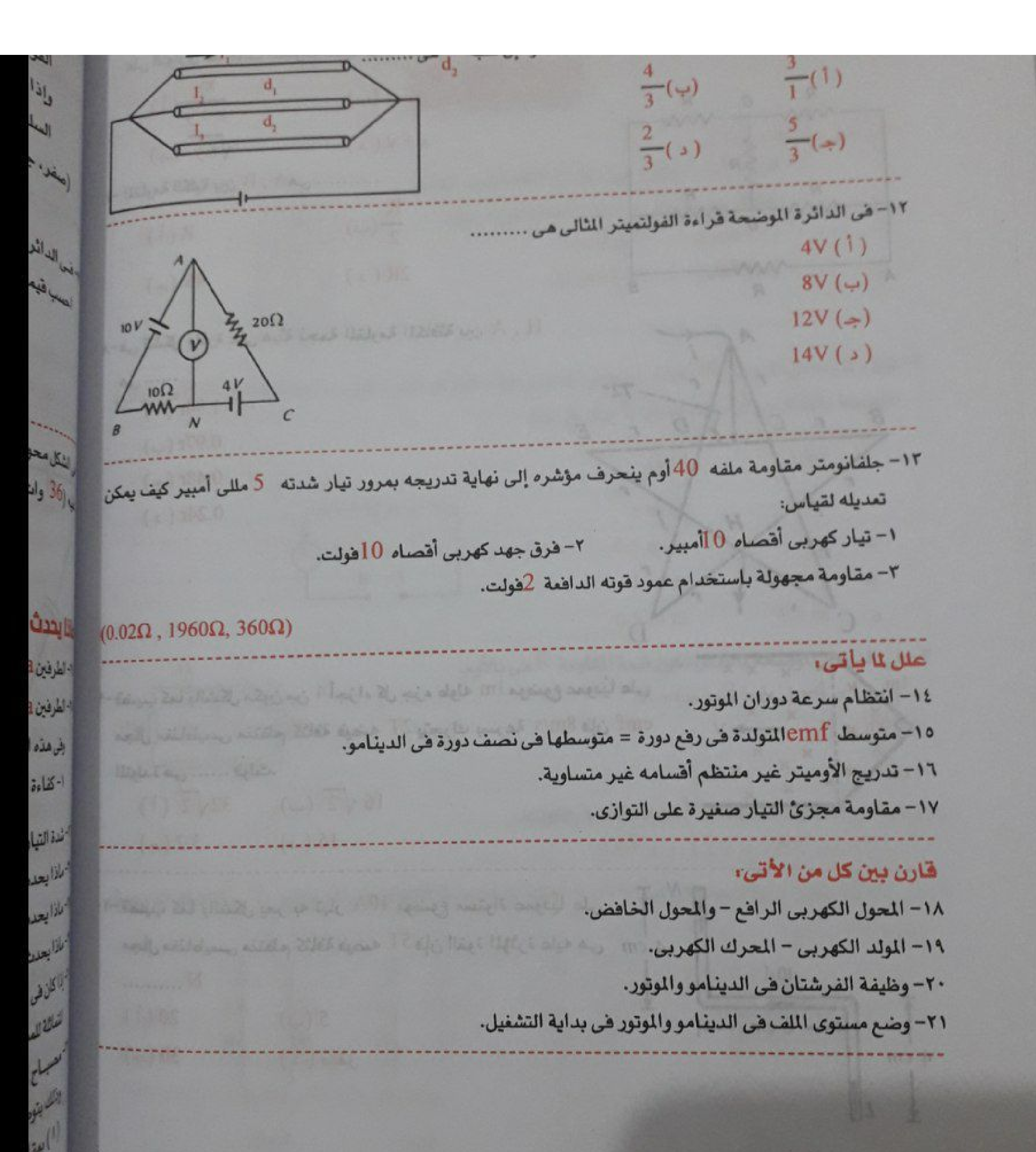
(جـ) 3.2 (د) 16



١٠- قضيب كما بالشكل يمر به تيار $10A$ موضوع مستواه عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه $5T$ فإن القوة المؤثرة عليه هى .... N

(أ) 20 (ب) 5

(جـ) 30 (د) صفر



(أ) $\frac{3}{1}$ (ب) $\frac{4}{3}$

(جـ) $\frac{5}{3}$ (د) $\frac{2}{3}$

١٢- فى الدائرة الموضحة قراءة الفولتميتر المثالى هى ....

(أ) 4V

(ب) 8V

(جـ) 12V

(د) 14V

١٣- جلفانومتر مقاومة ملفه 40أوم ينحرف مؤشره إلى نهاية تدريجه بمرور تيار شدته 5 مللى أمبير كيف يمكن تعديله لقياس:

١- تيار كهربى أقصاه 10أمبير. ٢- فرق جهد كهربى أقصاه 10فولت.

٣- مقاومة مجهولة باستخدام عمود قوته الدافعة 2فولت.

(0.02Ω , 1960Ω, 360Ω)

علل لما يأتى:

١٤- انتظام سرعة دوران الموتور.

١٥- متوسط emf المتولدة فى ربع دورة = متوسطها فى نصف دورة فى الدينامو.

١٦- تدريج الأوميتر غير منتظم أقسامه غير متساوية.

١٧- مقاومة مجزئ التيار صغيرة على التوازى.

قارن بين كل من الأتى:

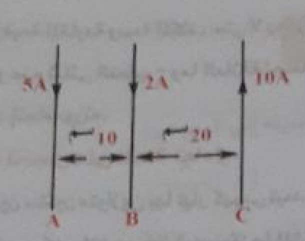
١٨- المحول الكهربى الرافع - والمحول الخافض.

١٩- المولد الكهربى - المحرك الكهربى.

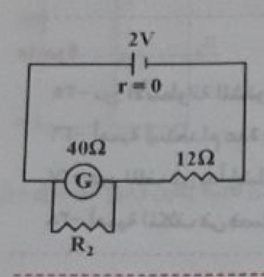
٢٠- وظيفة الفرشتان فى الدينامو والموتور.

٢١- وضع مستوى الملف فى الدينامو والموتور فى بداية التشغيل.

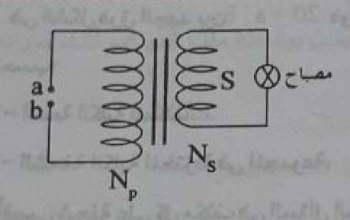
٢٢- فى الشكل ثلاث أسلاك C,B,A يمر بهما تيار كما بالشكل فإذا كان الطول المتقابل لهم 80 سم احسب القوة المؤثرة على السلك الأوسط B واتجاه هذه القوى وإذا عكس اتجاه تيار السلك A احسب القوة على السلك الأوسط B فى هذه الحالة.
(صفر، جهة 3.5×10^{-5} NA)



٢٣- فى الدائرة الموضحة بالشكل إذا كانت قراءة الجلفانومتر 0.02 أمبير احسب قيمة المقاومة R_2 (10 Ω)



فى الشكل محول كهربى خافض يتصل ملفه الثانوى بمصباح مكتوب عليه (36 وات، 12 فولت).



ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند توصيل:

٢٤- الطرفين b,a بمصدر مستمر D,C ولماذا.

٢٥- الطرفين b,a بمصدر متردد A,C (240 فولت، 60 وات) ولماذا.

وفى هذه الحالة السابقة احسب:

١- كفاءة المحول. ٢- النسبة، $\frac{N_P}{N_S}$

٢٦- شدة التيار فى كل من الملفين S,P "الابتدائى والثانوى".

٢٧- ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند زيادة المسافة بين الملفين S,P ولماذا.

٢٨- ماذا يحدث عند وضع ساق نحاس داخل الملف P وساق بلاستيك داخل الملف S ولماذا.

٢٩- ماذا يحدث لكفاءة المحول عندما يلف الملفين حول قالب حديد مقسم إلى شرائح معزولة ولماذا.

٣٠- إذا كان فى الحالة الأخيرة كفاءة المحول 90 % وكان المصدر المتردد (240 فولت، 400 وات) كم يكون أقصى عدد من المصابيح المتماثلة للمصباح الموضح يمكن إضاءتها معًا - وكيف توصل معًا ولماذا.

٣١- مصباح كهربى مكتوب عليه (100 فولت، 40 وات) وصل بمصدر متردد تردده 50Hz وقوته الدافعة 200V وذلك بتوصيل المصباح على التوالى:

(أ) بمقاومة مناسبة. (ب) بمكثف مناسب.

أوجد قيمة المقاومة وسعة المكثف حتى لا يحترق المصباح $(250\ \Omega - 7.35 \times 10^{-6} F)$

٣٣- ماهو عزم ثنائى القطب - وما العلاقة لحسابه - وهى وحدات قياسه واذكر القاعدة التى تحدد إتجاهه - والقاعدة التى تحدد إتجاه دورنه.

٣٤- كيف تحصل على نقطة تعادل:

(أ) بين سلكين متوازين بها تيار كهربى تبعد عن أحدهما ربع المسافة بينها وبين الأخر.

(ب) فى مركز حلقتين معدنيتين مركزها المشترك واحد وقطر أحدهما 3 أمثال قطر الأخرى.

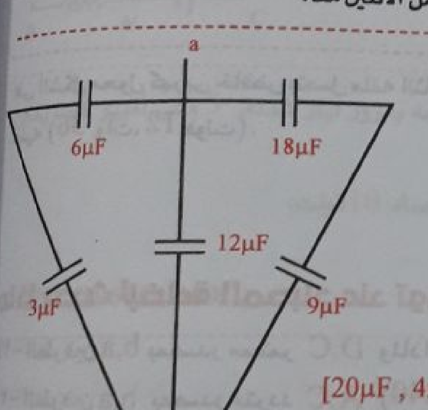
ما هو؟

٣٥- دور الأسطوانة المشقوقة إلى نصفين فى الدينامو - والموتور.

٣٦- أهمية استخدام عدة ملفات بينهما زوايا متساوية فى الدينامو - الموتور.

٣٧- دور الملف فى بدأ إضاءة مصباح الفلوريسنت.

٣٨- أهمية المكثف فى فصل تيار متردد عن تيار مستمر فى إشارة تحمل الاثنين معًا.



٣٩- فى الشكل فرق الجهد بين $a , b = 20$ فولت.

احسب:

١- السعة الكلية للمكثفات.

٢- الشحنة الكلية المختزنة فى المجموعة.

٤٠- أقصى شحنة على كل مكثف فى السؤال السابق.

$[20\mu F , 4\times10^{-4}C , 1.2\times10^{-4} \times 2.4\times10^{-4} , 0.4\times10^{-4}C]$

ما معنى كل مما يأتى:

٤١- كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة 0.03 تسلا.

٤٢- المقاومة النوعية للنحاس 6×10^{-8} أوم. متر.

٤٣- معامل الحث الذاتى 0.5 هنرى.

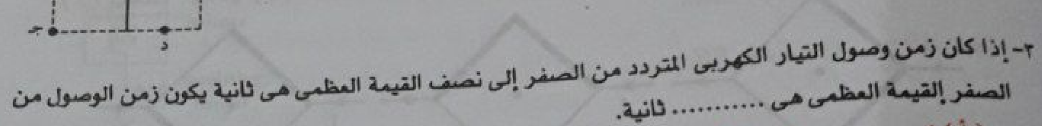
٤٤- كفاءة المحول 90 % .

٤٥- اشـرح تجربة لتحويل الطاقـة الديناميكية (الحركيـة) إلى طاقة كهربية مع ذكر القاعدة التـى تحدد اتجاه التيار الناتج ثم اذكر اسم جهاز يعتمد على هذه الفكرة.

١- جلفانومتر مقاومة ملفه R فإن مقاومة المجزئ اللازم لإنقاص حساسيته إلى الربع هى:

(أ) $4R$ (ب) $3R$ (جـ) $\frac{R}{4}$ (د) $\frac{R}{3}$

٢- فى الشكل سلكان متعامدان يمر بهما تيار كهربى 2I أمبير، I أمبير تنعدم كثافة الفيض عند نقطة:



(أ) أ (ب) ب

(جـ) جـ (د) د

٣- إذا كان زمن وصول التيار الكهربى المتردد من الصفر إلى نصف القيمة العظمى هى ثانية يكون زمن الوصول من الصفر إلى القيمة العظمى هى .... ثانية.

(أ) t (ب) 2t (جـ) 3t (د) 4t

٤- (الأزهر ٢٠١٨) يصبح المعدل الزمنى لقطع خطوط الفيض المغناطيسى بواسطة ملف الدينامو أثناء دورانه قيمة عظمى عندما يصبح مستوى الملف.

(أ) مائلا على المجال بزاوية 45° (ب) موازى للمجال.

(جـ) عموديًا على المجال (د) بضع زاوية 30° مع المجال.

٥- عندما تقل المقاومة R الموضحة بالشكل فإن إضاءة المصباح ....

(أ) تقل (ب) تزيد

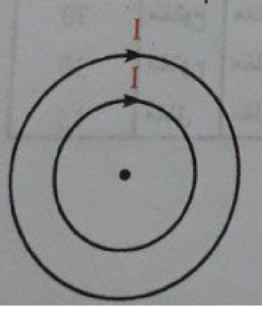
(جـ) تظل ثابتة (د) تنطفئ

٦- فى الشكل يكون تيار الجلفانومتر = صفر إذا كانت المقاومة (x) تساوى ....

(أ) 4Ω (ب) 8Ω

(جـ) 24Ω (د) 16Ω

٧- فى الشكل حلقتان يمر بها نفس شدة التيار فإن الحلقة الصغيرة تتأثر:



(أ) بقوة للخارج

(ب) بقوة للداخل

(جـ) بإذدواج يعمل على دورانها حول محور رأسى مع عقارب الساعة.

(د) لا تتأثر بأى قوة

٨- فى الدائرة المهتزة عندما يكون شدة التيار يساوى صفر تختزن الطاقة فى ....

(أ) الملف (ب) المكثف (جـ) الاثنين

٩- فى الدائرة المهتزة عندما يكون التيار قيمة عظمى تكون الطاقة مختزنة على هيئة

(أ) مجال كهربى فى المكثف

(ب) مجال مغناطيسى فى الملف

(جـ) مجال كهربى ومغناطيسى فى كل منهم

١٠- فى الشكل مربع من 4 أسلاك متساوية فى الطول ومن نفس المادة ولكن فيه ضلعان أكبر سمك فإن كثافة الفيض تنعدم فى المركز فى الشكل ....

(أ) 1 فقط (ب) 2 فقط (جـ) 3 فقط (د) 1 . 3

١١- فى الشكل موصل يختلف مساحة المقطع يمر به تيار وسرعة الإلكترونات الإنسيابية عبر كل مقطع V_1 , V_2 , V_3 فإن:

(أ) $I_1 > I_2 > I_3$ (ب) $I_1 = I_2 = I_3$

(جـ) $V_1 = V_2 = V_3$ (د) $V_1 > V_2 > V_3$

١٢- فى الشكل قضيب على شكل موجة مستعرضة المسافة بين طرفيه 10cm = ab يمر به تيار 4A ضع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 2T فإن القوة المؤثرة عليه هى ......

(أ) صفر (ب) 4N (جـ) 0.8N (د) 2.48N

١٣- استخدم أوميتر لمعرفة المصباح التالف فى المصابيح المتماثلة الموضحة فى الدائرة عند توصيل طرفى الأوميتر بنقطتى x , y كانت القراءات كما بالجدول فإن المصباح التالف هو ....

القراءة Ω	S_3	S_2	S_1
∞	مفتوح	مفتوح	مفتوح
30	مفتوح	مفتوح	مغلق
30	مفتوح	مغلق	مغلق
15	مغلق	مغلق	مغلق

١٤- فى الشكل قضيب يمر به تيار شدته 6A والزاوية $\theta = 60^o$ فإن كثافة الفيض الكلى كثافة الفيض الكلى عند نقطة (o) هى ....



(أ) $\frac{11\mu}{12r}$ (ب) $\frac{\mu}{12r}$

(جـ) $\frac{5\mu}{12r}$ (د) صفر

١٥- ميزان زنبركى معلق به ملف مربع طوله ضلعه L يمر به تيار شدته (I) يؤثر مجال مغناطيسى عموديًا على النصف السفلى للمربع كما بالشكل عندما ينعكس إتجاه التيار فى الملف فإن التغير فى قراءة الميزان هى ....



(أ) BIL (ب) 2BIL

(جـ) $\frac{1}{2}$BIL (د) $\frac{3}{2}$BIL

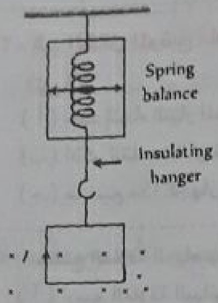
١٦- علل لما يأتى:

(أ) تزيد المقاومة للموصلات بزيادة درجة الحرارة.

(ب) متوسط شدة التيار المتردد خلال دورة كاملة = صفر ولكن متوسط الطاقة، خلال دورة كاملة لا تساوى صفر.

١٧- يوجد ملف لولبى يمر به تيار كهربى كيف تتعرف على نوع التيار متردد أم مستمر باستخدام ترمومتر زئبقى فقط.

١٨- يمر تيار 2A فى حلقة معدنية نصف قطرها 8 سم وفرق الجهد بين طرفيها 2π فولت ومساحة مقطع سلك الحلقة 0.2 سم٢ كما بالشكل



احسب:

(أ) مقاومة السلك المصنوع منه الحلقة.

(ب) المقاومة النوعية لمادة سلك الحلقة.

١٩- فى السؤال السابق كثافة الفيض المغناطيسية عند مركز الحلقة

الجواب: (تسلا صفر، 5×10^{-4}، $4\pi\ \Omega$)

ما أهمية كل من الآتى:

٢٠- السلكين الزنبركين فى الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.

٢١- المقاومة العيارية فى الأوميتر.

٢٢- الأسطوانة النحاسية المشقوقة إلى نصفين فى المولد الكهربى.

٢٣- emf العكسية فى الموتور.



٢٤- إذا كانت شدة التيار الناتجة من الدينامو تعطى من العلاقة :

$I = 100 \sin 18000t$ حيث ω بالدرجات

احسب:

(أ) شدة التيار الفعالة. (ب) الزمن الدورى. [0.02 , 70.7A]

٢٥- فى السؤال السابق :

(أ) شدة التيار بعد زمن 0.005 ثانية من البداية وما وضع مستوى الملف عند ذلك. [100A]

(ب) عدد مرات وصول التيار المتردد إلى الصفر فى 1 ثانية. [101]

٢٦- فى الشكل الموضح ملف قابل للدوران بين قطبى مغناطيسى بحيث يتحرك الضلع أ ب إلى داخل الورقة.

(أ) حدد إتجاه التيار المستحث فى الملف عند دورانه.

(ب) اذكر القاعدة التى تطبقها لمعرفة إتجاه التيار فى الملف.

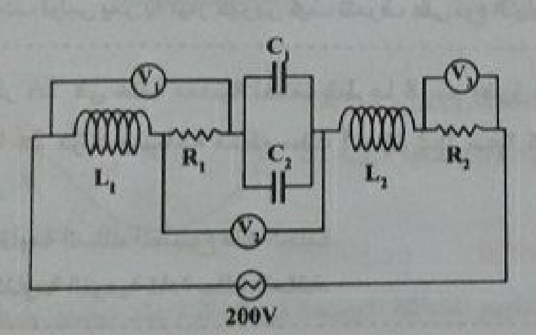
(جـ) ما اسم هذا الجهاز ونوع التيار الناتج عند دورانه بانتظام.

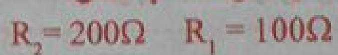
٢٧- استنتج العلاقة الرياضية لحساب emf اللحظية.

(أ) ارسم العلاقة البيانية والشكل البيانى للتيار الناتج وما اسمه واذكر تعريف له.

(ب) كيف يمكن جعل هذا التيار موحد الإتجاه.

٢٨- فى الدائرة الموضحة بالشكل :





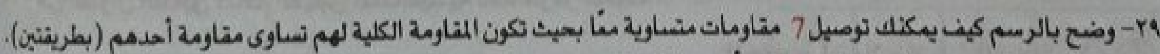
$R_2 = 200\Omega \quad R_1 = 100\Omega$

$L_2 = 0.3H \quad L_1 = 0.2H$

$C_2 = 4\mu F \quad C_1 = 6\mu F$

علمًا بأن $\omega = 100 rad/S$

احسب V_1 , V_2 , V_3

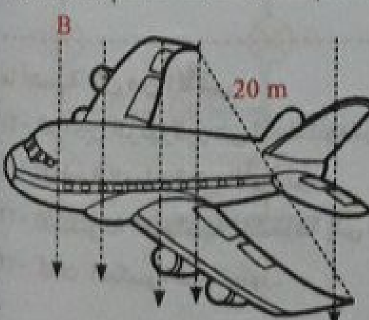


٢٩- وضح بالرسم كيف يمكنك توصيل 7 مقاومات متساوية معًا بحيث تكون المقاومة الكلية لهم تساوى مقاومة أحدهم (بطريقتين).

٣٠- طائرة تطير من منابع النيل فى قلب أفريقيا إلى المصب عند الإسكندرية طول جناحيها 20m وتطير بسرعة 150 m/s وصل سلك بطرفى الجناحين وأغلقت دائرته احسب:

(أ) هل يتغير إتجاه التيار أثناء الرحلة ولماذا.

(ب) فى الشكل الموضح أين تطير عند المنبع أو عند المصب ولماذا.



٣١- فى السؤال السابق إذا كانت المركبة الرأسية فى مكان ما 5.2×10^{-5} N تسلا احسب emf فى السلك الجواب (0.156V)

٣٢- فى الشكل المقابل: ما هى قراءة الأميتر والفولتميتر فى الحالات الآتية (علمًا بأن المقاومة الداخلية للبطارية مهملة):

١- عند فتح المفتاح S_1 , S_2 — $[0 - 2 V]$

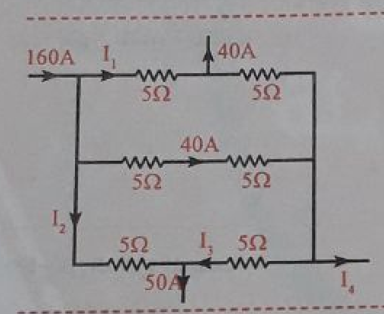
٢- عند غلق المفتاح S_1 , S_2 — $[\frac{2}{3} , 0]$

عند غلق المفتاح S_1 وفتح المفتاح S_2 — $[0.25A , 1.25V]$

٣٣- قارن بين شدة التيار المار فى كل من مقاومة – ملف حث عديم المقاومة – مكثف كلا على حدة عند توصيله مع دينامو تيار متردد عند زيادة التردد إلى 3 أمثاله.

وكذلك عند توصيلهم مع مصدر متردد قوته الدافعة ثابتة وتردده يزيد 3 أمثاله.

٣٤- أوجد شدة التيارات I_1 , I_2 , I_3 , I_4 فى الشبكة الكهربية الموضحة:



الجواب:

$I_1 = 60A$

$I_2 = 60A$

$I_3 = -10A$

$I_4 = 70A$

٣٥- فى الشكل الموضح إذا كانت المقاومة الكلية 4Ω احسب:

(أ) قيمة المقاومة R_3 — $[10\Omega]$

(ب) القوة الدافعة للبطارية. — $[40V]$

٣٦- فى السؤال السابق:

(أ) I الكلى فى الدائرة — $[10A]$

(ب) شدة التيار I_2 — $[2A]$

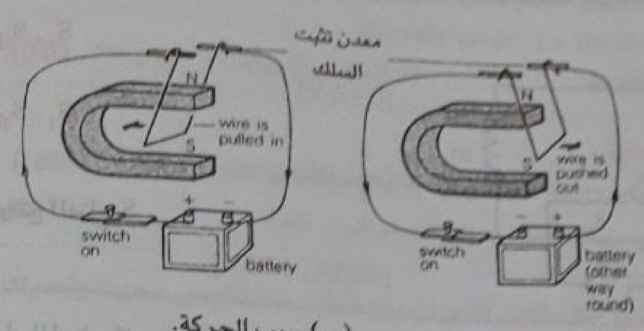
(جـ) القدرة فى المقاومة R_2 — $[80W]$

٣٧- فى الشكل احسب شحنة على أحد لوحى المكثف إذا كان جهد نقطة (a) $6V$ وجهد نقطة b = صفر.

$[80\mu C]$



٣٨- فى الشكلين لماذا:

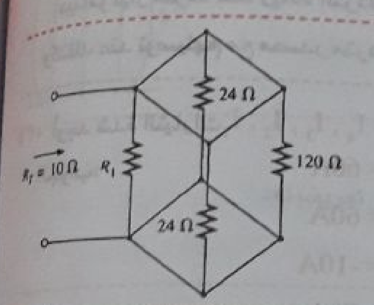


(أ) اختلف إتجاه الحركة. (ب) سبب الحركة.

(جـ) القاعدة التى تحدد إتجاه الحركة. (د) القانون لحساب القوة

٣٩- احسب قيمة المقاومة R_1 فى الدائرة الموضحة حتى تكون المقاومة المكافئة 10Ω

$[120\Omega]$

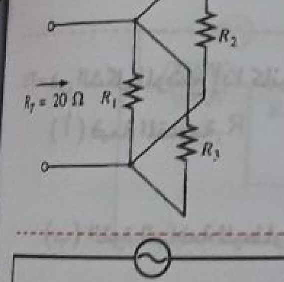


٤٠- فى الدائرة الموضحة $R_2 = 5R_1$

$R_3 = 0.5R_1$

احسب قيمة كل مقاومة فى الدائرة علمًا بأن المقاومة الكلية 20Ω

$[16 , 80 , 8]\Omega$



٤١- فى دائرة RLC فإذا كان $\theta = 60^\circ$, $I = 4A$, $V = 200V$

احسب القدرة المستهلكة [400W]

R C L

سلك مستقيم مقاومته 5 أوم طوله 2 متر فرق الجهد بين طرفيه 10 فولت احسب:

٤٢- شدة المجال الكهربى الناشىء عنه.

٤٣- كثافة الفيض المغناطيسى على بعد 2 سم من مركزه.

٤٤- إذا لف السلك على هيئة حلقة دائرية تقريبًا احسب كثافة الفيض فى مركزها علمًا بأن نفاذية الهواء ($4\pi \times 10^{-7}$ وبر / أمبير. متر)

٤٥- إذا وضعت الحلقة فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 4 تسلا احسب عزم الأزدواج المؤثر عليها إذا كان مستواها يصنع زاوية 60° مع الفيض.

(5 فولت / متر، 2×10^{-5} تسلا، 39.5×10^{-7} تسلا، 1.27 نيوتن. متر)



إزدواجية الموجة والجسيم

مقـــدمة

دراستنا للفيزياء تنقسم إلى:

الفيزياء الكلاسيكية

وهى دراسة الصوت والضوء والكهرباء والحرارة وخواص المادة وكل ما هو مشاهد فى التجارب العادية وهو العالم الماكروسكوبى أى العالم المشاهد بالعين.

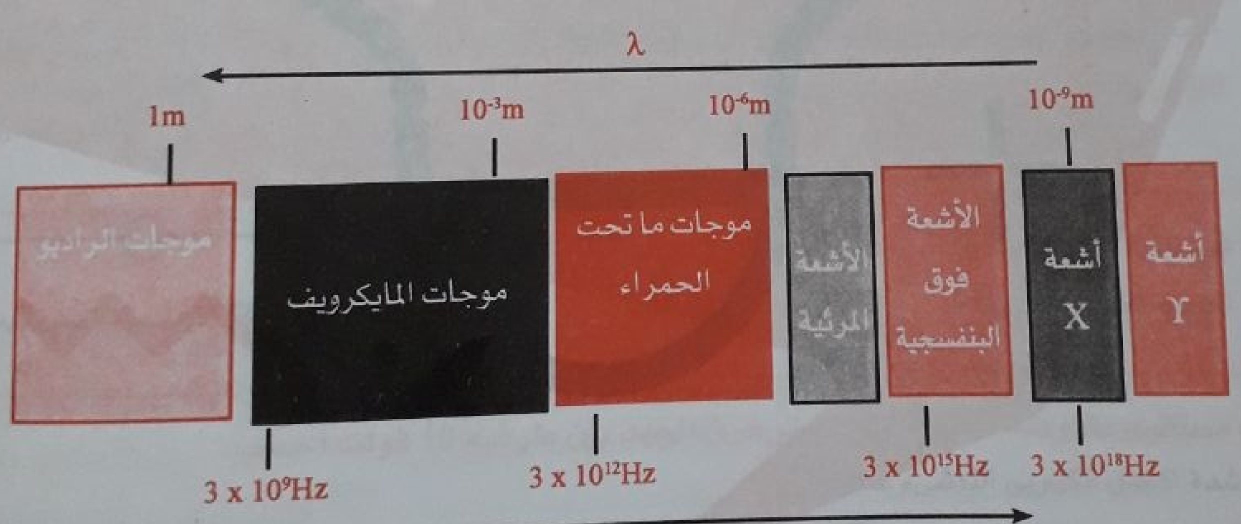
والفيزياء الحديثة (الكمية)

وهى مدخل لدراسة فيزياء الكم حيث يتعامل مع الظواهر العلمية التى لا ترى مباشرة بالعين وتفسر ما لا تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسيره مثل الظواهر الإلكترونية والذرية والظاهرة الكهروضوئية وسلوك الفوتون والجسيم الأولى مثل الإلكترون وهو النظام الميكروسكوبى (المجهرى) لا يرى بالعين.

إشعاع الجسم الأسود: Black Body Radiation

الطيف الكهرومغناطيسى:

الذى يشمل كل الموجات الكهرومغناطيسية مرتبة حسب الطول الموجى أو التردد تصاعديا أو تنازليا. ولها الخصائص العامة للموجات من الانعكاس والانكسار والحيود والتداخل وتنتشر بسرعة ثابتة فى الفراغ $[C = 3 \times 10^8 m/s]$. (الميكروويف)



معلومة إثرائية

حساب سرعة الموجات الكهرومغناطيسية رياضيًا

من العلاقة

$$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} = 3 \times 10^8 m/s$$

حيث ε_0 سماحية الفراغ لخطوط المجال الكهربى $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$

و μ_0 نفاذية الفراغ لخطوط المجال المغناطيسى $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ وبر/أمبير.متر

من المعروف أن الإشعاع الحرارى ينتج عن تسخين الأجسام الصلبة والسوائل والغازات تحت ضغط عالى جدا - فإذا وضعت ساق من الحديد فى فرن - فإنها تسخن وينبعث منها إشعاعات لها ترددات يزداد أكبرها مع زيادة درجة الحرارة - وكلما ارتفعت درجة حرارة الساق زادت شدة الإشعاعات التى تنبعث من الترددات المختلفة. فإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 3000K فإن أغلب الموجات الصادرة تكون فى منطقة الإشعاع غير المرئى (الأشعة دون الحمراء). وإذا استمر التسخين يتحول اللون إلى الأحمر ثم البرتقالى ثم الأصفر - حتى إذا وصلت درجة الحرارة إلى حوالى 6000K تحول اللون إلى الأبيض لاحتواء الطيف على قدر كبير من الأطوال الموجية المنظورة.

ودرجة 6000K هى درجة حرارة الشمس وعندها تقع شدة الاشعاع العظمى عند 5000A° والطاقة الصادرة من الشمس تكون حوالى 40% من الطاقة الاشعاعية مرئية و 50% تقريبًا إشعاع حرارى وباقى الاشعاع يقع فى مناطق الطيف الأخرى.

والمصباح المتوهج عند 3000K يشع 20% ضوء فقط والباقى إشعاع حرارى.

وقد لاحظ العلماء أن الطاقة التى تنبعث من الجسم المتوهج لا تقتصر على نوع واحد من الموجات، كما لا تتوزع بالتساوى بين الأطوال الموجية المكونة لطيف الإشعاع: فعند كل درجة حرارة يتوهج عندها الجسم - يوجد مدى موجى معين تزداد فيه كمية الإشعاعات - أى أن هناك مدى موجى معين تكون شدة الإشعاع عنده نهاية عظمى . ويزاح هذا المدى نحو الطول الموجى الأقصر بارتفاع درجة الحرارة - بما يعنى وجود علاقة تناسب بين درجة حرارة الجسم وتردد الإشعاع عند الطول الموجى الذى تكون شدة الإشعاع عنده نهاية عظمى.

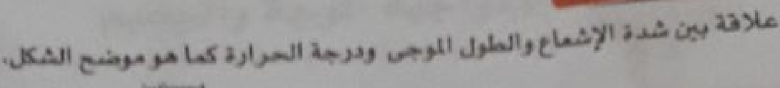
ولدراسة توزيع الطاقة بين الأطوال الموجية المختلفة عمليًا يحسن اختيار الجسم الذى يشع نفس الطاقة التى يكتسبها - وقد اكتشف العالم كرشوف عام ١٨٥٩ أن الجسم الجيد الامتصاص يكون أيضًا جيد الإشعاع، وبذلك يكون الجسم الأسود الذى يمتص كل الأشعة التى تسقط عليه هو أفضل الأجسام المشعة وقد أجريت قياسات دقيقة لمعرفة توزيع الطاقة بين مختلف الموجات فى طيف إشعاع جسم أسود مثالى - صمم لهذا الغرض - ثم السماح للأشعة بالسقوط على منشور حلل الأشعة إلى مكوناتها الموجية - وقيست الطاقة عند كل موجة باستخدام مزدوج حرارى.

تتوقف كمية الإشعاع من الجسم الساخن على:

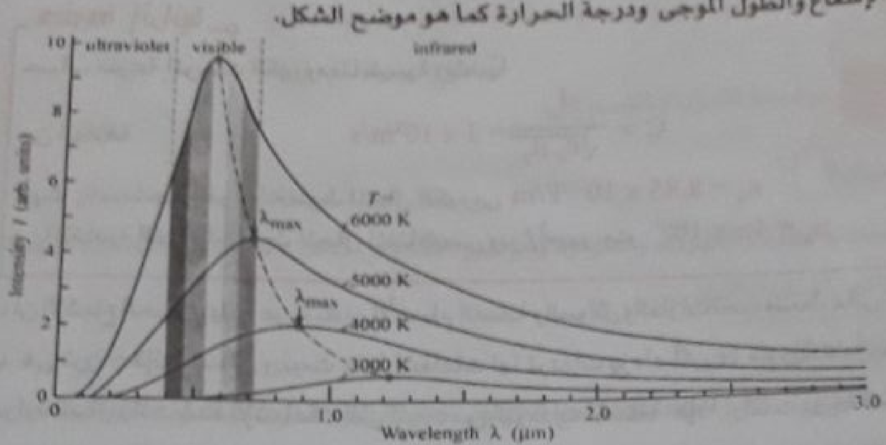
١- مساحة السطح الساخن.
٢- نوع السطح.
٣- درجة الحرارة للجسم.

ويتم وضع النتائج التى حصلنا عليها فى منحنى بلانك.

منحنى بلانك:



علاقة بين شدة الإشعاع والطول الموجى ودرجة الحرارة كما هو موضح الشكل.



من المنحنيات نلاحظ الآتى:

١- يـزداد ارتفـاع منحنى التوزيع مع إرتفـاع درجة الحرارة هذا يدل على ازدياد معـدل طاقة الإشعاع بارتفاع درجة الحـرارة. والقدرة الكلية المنبعثة تتناسب مع المساحة تحت المنحنيات. وتتناسب مع درجة الحرارة المطلقة.

٢- بارتفاع درجة حرارة الجسم تقل قيمة الطول الموجى الذى تبلغ عنده شدة الإشعاع نهايتها العظمى (λm) أى أن النهاية العظمى لشدة الإشعاع - فضلا عن زيادة قيمتها بارتفاع درجة الحرارة - فإنها تزاح نحو الطول الموجى الأقصر. ويتفق هذا مع خبراتنا اليومية: ففتيلة المصباح الكهربى المتألق تكون أسخن من فتيلة المصباح عندما تكون مضيئة باللون الأحمر.

٣- شدة الاشعاع تقترب من الصفر فى الترددات المنخفضة وتنعدم فى الترددات العالية جدًا.

٤- عند كل درجة حرارة يشع الجسم الساخن أطوال موجية مختلفة وتغطى مدى كبير.

٥ - ويلاحظ أنه لكل درجة حرارة يوجد طول موجى معين (λm) تكون عنده شدة الإشعاع نهاية عظمى.

وقد وجد العالم فين Wien أنه توجد علاقة بين طول الموجة هذه ودرجة حرارة الإشعاع T كلفن على الصورة الآتية ويسمى قانون فين.

قـانـون فيـن:

وقد وجد من المنحنيات السابقة درجة حرارة الشمس 6000K يكون الطول الموجى λm حوالى $0.5\mu m$ والمصباح درجة حرارته 3000K، (λ) حوالى $1\mu m$ لذلك وضع القانون الإتى: «كلما زادت درجة الحرارة على تدريج كلفن يقل الطول الموجى عند أقصى شدة إشعاع» أى تتناسب عكسيًا.

$$\lambda m \propto \frac{1}{T}$$

$$\lambda m . T = 2.89 \times 10^{-3} \ mk$$

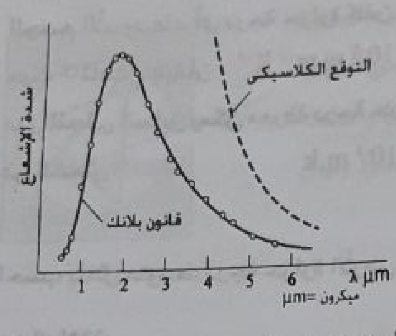
$$\lambda m . T = Const$$

والعلاقة:

$$\frac{\lambda_{m1}}{\lambda_{m2}} = \frac{T_1}{T_2}$$

تفسير بلانك لإشعاع الجسم الأسود (تفسير منحنيات بلانك):

ولكى يمكن تفسير هذه المنحنيات علينا أن نسأل أنفسنا عن نوع مولد الذبذبات أو الموجات فى الجسم الساخن.
فأطوال الموجات الصادرة قصيرة جدًا.. هذه الموجات تنتشر بسرعة الضوء يترتب على ذلك أن تكون تردداتها كبيرة جدًا.
هذا التردد الكبير لا يصدر إلا عن متذبذب صغير فى حجم الذرات ومن هنا نتوقع أن تكون الموجات صادرة عن شحنات كهربية مهتزة فى الذرات والجزيئات التى يتكون منها الجسم الساخن.
والجسم المهتز له تردد طبيعى (υ) وسعة اهتزازه. وتتوقف سعة الاهتزازة على طاقة الجسم المهتز، فحيث تزداد الطاقة تزداد سعة الاهتزازة مع ثبوت التردد (υ).



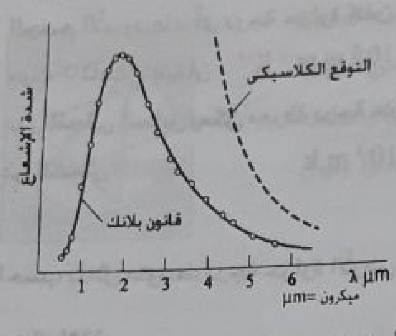
وقد كان يعتقد حتى نهاية القرن التاسع عشر أن الجسم يمكن أن يهتز بأى مقدار من الطاقة مهما كان صغيرا – ولكن باستخدام هذا التصور فشل العلماء فى تفسير كيف تتوزع طاقة الإشعاع بين الأطوال الموجية المختلفة.
فى هذا المنحنى يتضح أن الإشعاع يقل مع زيادة التردد وهذا عكس التوقعات فى الفيزياء الكلاسيكية التى تعتبر أن الطاقة متصلة وليس مكماه.
ناتجة عن تذبذب الذرات أى تذبذب الإلكترونات فى الذرات يقال ذرة مثارة أى إلكترون مثار.
وتفسير ذلك أن الذرة المثارة إلى مستويات عليا جدا لا تهبط من المستوى العالى إلى المستوى المنخفض جدا مرة واحدة ولو حدث ذلك تشع فوتونات لها طاقة عالية جدًا $h\nu$ وهذا لا يحدث تقريبا ولكن تهبط على مراحل كل مرحلة تشع طاقة $h\upsilon$ وتختلف الفوتونات المنبعثة فى الطاقة.
وكذلك لا تهبط من المستوى العالى إلى مستوى أقل منه مباشرة فيكون الفرق فى الطاقة $h\upsilon$ صغير بل تجمع قدرًا أكبر وتهبط لمستوى أقل بكثير فيزيد الفرق $= h\nu$ وهذا يفسر عدم وجود إشعاعات عند أطوال موجية كبيرة جدا أو صغيرة جدا.

تفسير الخاصية المادية للضوء من الأشعاع الحرارى:

وقد وجد بلانك عام ١٩٠٠ «حاصل على جائزة نوبل عام ١٩١٨» لأن تفسير هذه النتائج يستلزم فرض أن ذرات الجسم الساخن لا ينبغى أن تهتز مع كل قيم ممكنة للطاقة – وإنما تهتز فقط عندما تكون طاقتها مساوية لمقدار يتناسب مع التردد – وبالذات عندما تكون الطاقة مساوية للمقدار $h\upsilon$ أو $2h\upsilon$ أو $3h\upsilon$ أو $nh\upsilon$ حيث n عدد صحيح ، υ تردد الفوتون المنبعث، h ثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.S وهى كمية صغيرة.
طاقة الإهتزاز للذرة $E = nh\upsilon$ أى حاصل ضرب عدد صحيح فى ثابت بلانك فى التردد ولا يمكن أن تكون $\frac{2}{3} h\nu$ أو $\frac{3}{4} h\nu$ أى أنها مكماه.
فمثلًا إذا تغيرت طاقة الذرة من $3h\nu$ إلى $2h\nu$ فإنها تبعث الطاقة المفقودة على هيئة فوتون طاقته $h\nu$
معنى ذلك أن الطاقة الإشعاعية ليست متصلة ولكنها مكماه [quantized values of energy] وهذا يعنى أن نظرية الكم لا تنظر للإشعاع كتيار مستمر من الطاقة بل كدفقات منفصلة طاقة كل منها تتناسب مع تردد الإشعاع وبذلك أصبحت الطاقة ذات طبيعة ذرية مثل المادة وكما لا يمكن أن تنقسم الذرة فكذلك كم الطاقة وهذا يوضح من إشعاع الجسم الأسود أن الضوء له طبيعة مادية لأنه جسيمات منفصلة.

تفسير بلانك لإشعاع الجسم الأسود (تفسير منحنيات بلانك):

ولكى يمكن تفسير هذه المنحنيات علينا أن نسأل أنفسنا عن نوع مولد الذبذبات أو الموجات فى الجسم الساخن.
فأطوال الموجات الصادرة قصيرة جدًا.. هذه الموجات تنتشر بسرعة الضوء يترتب على ذلك أن تكون تردداتها كبيرة جدًا.
هذا التردد الكبير لا يصدر إلا عن متذبذب صغير فى حجم الذرات ومن هنا نتوقع أن تكون الموجات صادرة عن شحنات كهربية مهتزة فى الذرات والجزيئات التى يتكون منها الجسم الساخن.
والجسم المهتز له تردد طبيعى (υ) وسعة اهتزازه. وتتوقف سعة الاهتزازة على طاقة الجسم المهتز، فحيث تزداد الطاقة تزداد سعة الاهتزازة مع ثبوت التردد (υ).



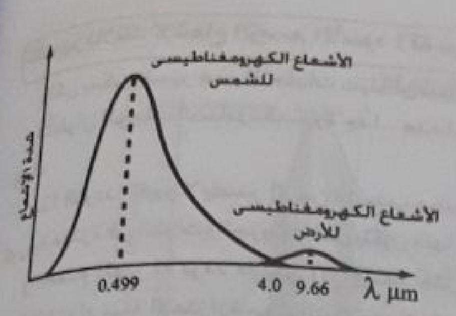
وقد كان يعتقد حتى نهاية القرن التاسع عشر أن الجسم يمكن أن يهتز بأى مقدار من الطاقة مهما كان صغيرا - ولكن باستخدام هذا التصور فشل العلماء فى تفسير كيف تتوزع طاقة الإشعاع بين الأطوال الموجية المختلفة.
فى هذا المنحنى يتضح أن الإشعاع يقل مع زيادة التردد وهذا عكس التوقعات فى الفيزياء الكلاسيكية التى تعتبر أن الطاقة متصلة وليس مكماه.
ناتجة عن تذبذب الذرات أى تذبذب الإلكترونات فى الذرات يقال ذرة مثارة أى إلكترون مثار.
وتفسير ذلك أن الذرة المثارة إلى مستويات عليا جدا لا تهبط من المستوى العالى إلى المستوى المنخفض جدا مرة واحدة ولو حدث ذلك تشع فوتونات لها طاقة عالية جدًا $h\nu$ وهذا لا يحدث تقريبا ولكن تهبط على مراحل كل مرحلة تشع طاقة $h\upsilon$ وتختلف الفوتونات المنبعثة فى الطاقة.
وكذلك لا تهبط من المستوى العالى إلى مستوى أقل منه مباشرة فيكون الفرق فى الطاقة $h\upsilon$ صغير بل تجمع قدرًا أكبر وتهبط لمستوى أقل بكثير فيزيد الفرق = $h\nu$ وهذا يفسر عدم وجود إشعاعات عند أطوال موجية كبيرة جدا أو صغيرة جدا.

تفسير الخاصية المادية للضوء من الأشعاع الحرارى:

وقد وجد بلانك عام ١٩٠٠ «حاصل على جائزة نوبل عام ١٩١٨» لأن تفسير هذه النتائج يستلزم فرض أن ذرات الجسم الساخن لا ينبغى أن تهتز مع كل قيم ممكنة للطاقة - وإنما تهتز فقط عندما تكون طاقتها مساوية لمقدار يتناسب مع التردد - وبالذات عندما تكون الطاقة مساوية للمقدار $h\upsilon$ أو $2h\upsilon$ أو $3h\upsilon$ أو $nh\upsilon$ حيث n عدد صحيح ، υ تردد الفوتون المنبعث، h ثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.S وهى كمية صغيرة.

طاقة الإهتزاز للذرة $E = nh\upsilon$ أى حاصل ضرب عدد صحيح فى ثابت بلانك فى التردد ولا يمكن أن تكون $\frac{2}{3}h\nu$ أو $\frac{3}{4}h\nu$ أى أنها مكماه.

فمثلًا إذا تغيرت طاقة الذرة من $3h\nu$ إلى $2h\nu$ فإنها تبعث الطاقة المفقودة على هيئة فوتون طاقته $h\nu$ معنى ذلك أن الطاقة الإشعاعية ليست متصلة ولكنها مكماه [quantized values of energy] وهذا يعنى أن نظرية الكم لا تنظر للإشعاع كتيار مستمر من الطاقة بل كدفقات منفصلة طاقة كل منها تتناسب مع تردد الإشعاع وبذلك أصبحت الطاقة ذات طبيعة ذرية مثل المادة وكما لا يمكن أن تنقسم الذرة فكذلك كم الطاقة وهذا يوضح من إشعاع الجسم الأسود أن الضوء له طبيعة مادية لأنه جسيمات منفصلة.



وقد وجد بلانك أن هذا المنحنى يتكرر مع كل الأجسام الساخنة وليس الشمس فقط حتى مع الكائنات الحية وحتى الأرض تمتص إشعاع الشمس ثم تشعه ثانيا .

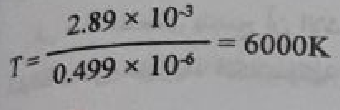
ونظرا لصغر درجة حرارتها فإن المنحنى تكون قمته عند طول موجى حوالى 10 ميكرومتر فى منطقة الأشعة تحت الحمراء.

معلومة إثرائية: قانون إستيفان: الطاقة الإشعاعية الكلية لجميع الأطوال الموجية من وحدة المساحات فى وحدة الزمن من الجسم الأسود عند أى درجة حرارة كلفن $E = \sigma T^4$

حيث σ ثابت إستيفان $\sigma = 5.7 \times 10^{-8}\ w\ m^{-2}\ K^{-4}$

من المنحنى السابق يمكن معرفة درجة حرارة الشمس والأرض.

فى الشمس $\lambda m.T = 2.89 \times 10^{-3}\ m.k$



$$T = \frac{2.89 \times 10^{-3}}{0.499 \times 10^{-6}} = 6000K$$

احسب بالمثل متوسط درجة حرارة الأرض بمعلومية إشعاع الشمس.

من العلاقة:

$$\frac{\lambda_{m1}}{\lambda_{m2}} = \frac{T_1}{T_2}$$

تلخيص تفسير بلانك:

١- الإشعاع الناتج عبارة عن دفقات صغيرة من الطاقة تسمى كونتم (فوتون) طاقته $h\nu$.

٢- تصدر هذه الفوتونات بسبب تذبذب الإلكترونات فى الذرات للجسم الساخن.

٣- الطاقة هذه منفصلة أى مكماه وتأخذ قيم $nh\nu$ حيث n عدد صحيح وليس كسر.

٤- لا تصدر الذرة طاقة إذا كانت مستقرة فى مستواها الأرضى.

٥- طاقة الفوتون المنبعث هو الفرق بين طاقة المستوى الأعلى والمستوى الأدنى الذى انتقل بينهما.

٦- تتوقف الشدة الضوئية على طاقة وعدد الفوتونات.

٧- عند الترددات العالية جدًا يقل عدد الفوتونات لكبر طاقتها.

ويستفاد من دراسة الطيف للجسم الساخن فى الآتى:

١ - معرفة مصادر الثروة الطبيعية مثل أماكن البترول والفحم والمياه الجوفية وغيرها.

٢ - تستخدم فى الحروب وأجهزة الرؤية الليلية ومعرفة الأجسام التى تتحرك فى الظلام بفعل ما تشعه من إشعاع حرارى.

٣ - فى مجال الطب حيث يمكن معرفة الأورام الخبيثة والأجنة.

٤ - فى مجال الأدلة الجنائية حيث يبقى الإشعاع الحرارى فترة بعد مغادرة الشخص للمكان وهذه التقنية هى الاستشعار عن بعد وغير ذلك كثيرًا فى أغراض علمية مختلفة.

٥- تستخدم موجات الميكروبون فى طهى الطعام.

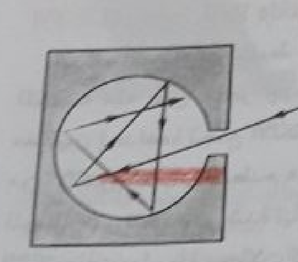
إشعاع الجسم الأسود: Black Body Radiation

الجسم الأسود المثالى هو الجسم الذى يمتص جميع الطاقة الإشعاعية الساقطة عليه ذات الأطوال الموجية المختلفة أى أن معامل امتصاص الجسم الأسود = 100% وهذا الجسم غير موجود حقيقة.

$$\text{معامل الإمتصاص} = \frac{\text{الطاقة الإشعاعية التى يمتصها الجسم}}{\text{الطاقة الإشعاعية الكلية الساقطة عليه}} \times 100$$

والجسم الأسود ممتص مثالى Perfect absorber وهو أيضا باعث مثالى perfect emitter.

تصور الجسم الأسود:



يمكن تشبيه الجسم الأسود بفجوة مغلقة بها ثقب صغير تدخل منه الطاقة الإشعاعية يمتص جزء وينعكس الباقى عدة مرات كل مرة تمتص جزء من الطاقة ولا يخرج منه شئ يذكر والتجويف من الداخل مغطى بطلاء أسود (سناج) وسطحه الداخلى خشن وجدير بالذكر أن الثقب فى التجويف هو الجسم الأسود وليس التجويف.

ملحوظة:

يزداد وضوح صورة جسم كلما زاد عدد الفوتونات الساقطة عليه كما بالشكل.



معلومة إثرائية

الجسم الأسود يسمى أسود لأنه لا يعكس أى ضوء عليه فيبدو أسود وقوانين الجسم الأسود قانون استيفان - بولتزمان: الطاقة الكاملة المنبعثة من الجسم الأسود بوحدات وات فى الثانية لكل وحدة مساحة $E = \sigma T^4$ حيث σ ثابت استيفان.



الانبعاث الإلكترونى من السطح

أى سطح توجد به إلكترونات حرة ولكنها مقيدة داخله ولا تترك السطح إلا عند إعطاءها طاقة حسب بعدها عن السطح.

حاجز جهد السطح: هو أقل جهد يكفى لمنع خروج أى إلكترون من سطح المعدن.

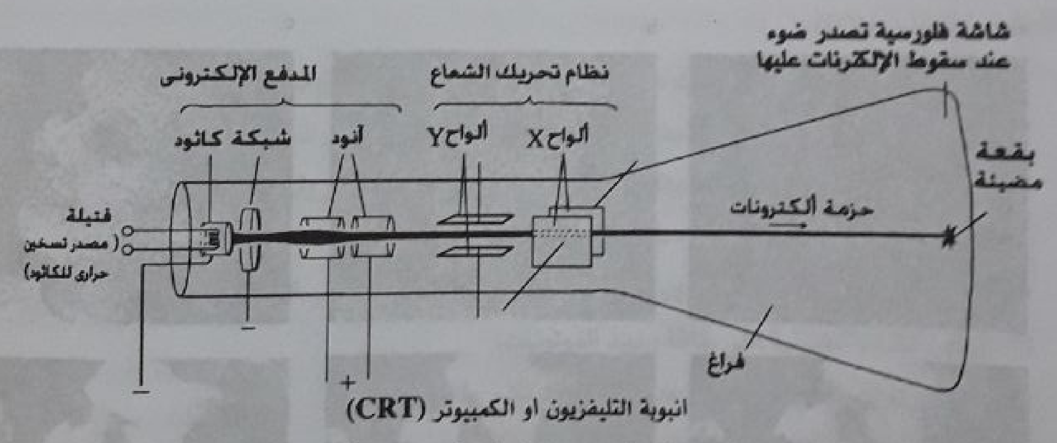
وهناك 3 طرق لانبعاث الإلكترونات من أسطح الفلزات.

(أ) الانبعاث الأيونى الحرارى:

وهو إعطاء السطح والمعدن طاقة حرارية عالية حتى يتوهج وتنبعث منه الإلكترونات وهذه فكرة إنبوبة أشعة الكاثود. [Cathode Ray Tube (C.R.T)]

تتركب الأنبوبة من مهبط أو كاثود يسخن بواسطة فتيلة تنجستن فتتحرر الإلكترونات منه حيث تتغلب الإلكترونات المنطلقة منه على حاجز جهد السطح، تنجذب الإلكترونات إلى المصعد (القطب الموجب) عبارة عن اسطوانتين معدنيين إحداهما تجمع الالكترونات والأخرى تعجلها مما يسبب تيارا فى الدائرة الخارجية على شكل حزمة رفيعه من الإلكترونات ثم تصطدم هذه الإلكترونات بالشاشة محدثة ضوء تختلف شدته من نقطة إلى أخرى حسب الإشارة المرسلة التى تتحكم فى شدة تيار الإلكترونات عن طريق شبكة خاصة فى طريق الإلكترونات (Grid) ويمكن توجيه حزمة الإلكترونات بواسطة مجالات كهربية أو مغناطيسية متعامدة: تمسح الإلكترونات الشاشة 25 مرة فى الثانية بطريقة معينة وبذلك تكتمل الصورة.

وتستخدم أنبوبة أشعة الكاثود فى عمل التليفزيون.



انبوبة التليفزيون او الكمبيوتر (CRT)

أهمية الشبكة: التحكم فى عدد الإلكترونات التى تصل إلى الشاشة: وهى أكثر سالب من الكاثود عليها جهد سالب متغير وكلما زاد السالبية يقل عدد الإلكترونات التى تصل إلى الشاشة فتقل إضاءتها ولكن عند زيادة الجهد (فمثلاً من 10V- إلى 6V- يزيد الجهد) تزيد عدد الإلكترونات فتزيد الشدة.

(ب) التفريغ الكهربى:

يتم لذرات عنصر ما عند فرق جهد مرتفع وهى تحت ضغط منخفض كما فى مصباح الفلوريسنت.

(ج) الظاهرة الكهروضوئية أو التأثير الكهروضوئى:

هى ظاهرة انطلاق الإلكترونات من أسطح بعض الفلزات عند سقوط الضوء عليها.

- وقد وجد عند سقوط حزمة من أشعة فوق بنفسجية على لوح خارصين متعادل نجد أنه يشحن بشحنة موجبة. تسمى هذه الظاهرة الكروضوئية.

أزرق
أصفر
أحمر
photons

دالة الشغل لسطح: Ew

هى أقل طاقة تلزم لانبعاث الإلكترونات من السطح $Ew = h\nu_c$

والإلكترون المنبعث يسمى إلكترون كهروضوئى والطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون تختلف بإختلاف نوع السطح. أى لكل سطح دالة شغل تميزه.

photon energy = hf
electron just escapes
E
energy
trapped electrons
إلكترون منبعث
فوتون $h\nu$
E
الطاقة

سؤال هام:

هل طاقة الحركة للإلكترونات المبعثة تزيد بزيادة شدة الإضاءة وهل تسليط الضوء مدة كبيرة يعطى الإلكترونات الطاقة اللازمة لخروجها بصرف النظر عن التردد للضوء الساقط.

والإجابة على ذلك بالنفى لأن ذلك يبنى على النظرية الكلاسيكية ولكن:

١- انطلاق الإلكترونات يتوقف على تردد الضوء الساقط[υ] فقط وليس شدته.

٢- يحتاج إنبعاث الإلكترونات من سطح معدن تردد معين يسمى التردد الحرج[υc] للسطح.

٣- إذا زاد التردد عن التردد الحرجυc فإن شدة التيار تزاد بزيادة شدة الضوء الساقط.

٤- طاقة الإلكترونات المنبعثة وكذلك سرعتها تتوقف على تردد الضوء الساقط وليس على شدة الضوء، كما أنها لا تكون متساوية للسطح الواحد حسب بعد الألكترون عن السطح وتكون أسرع الإلكترونات المنبعثة من ذرات السطح وتقل للإلكترونات المنبعثة من داخل المعدن.

٥ – إنطلاق إلكترونات يحدث لحظيًا أى لحظة سقوط الفوتون على الذرة وليس بعد أن تتجمع قدر من الطاقات الصغيرة حتى تكفى لخروج الإلكترونات.

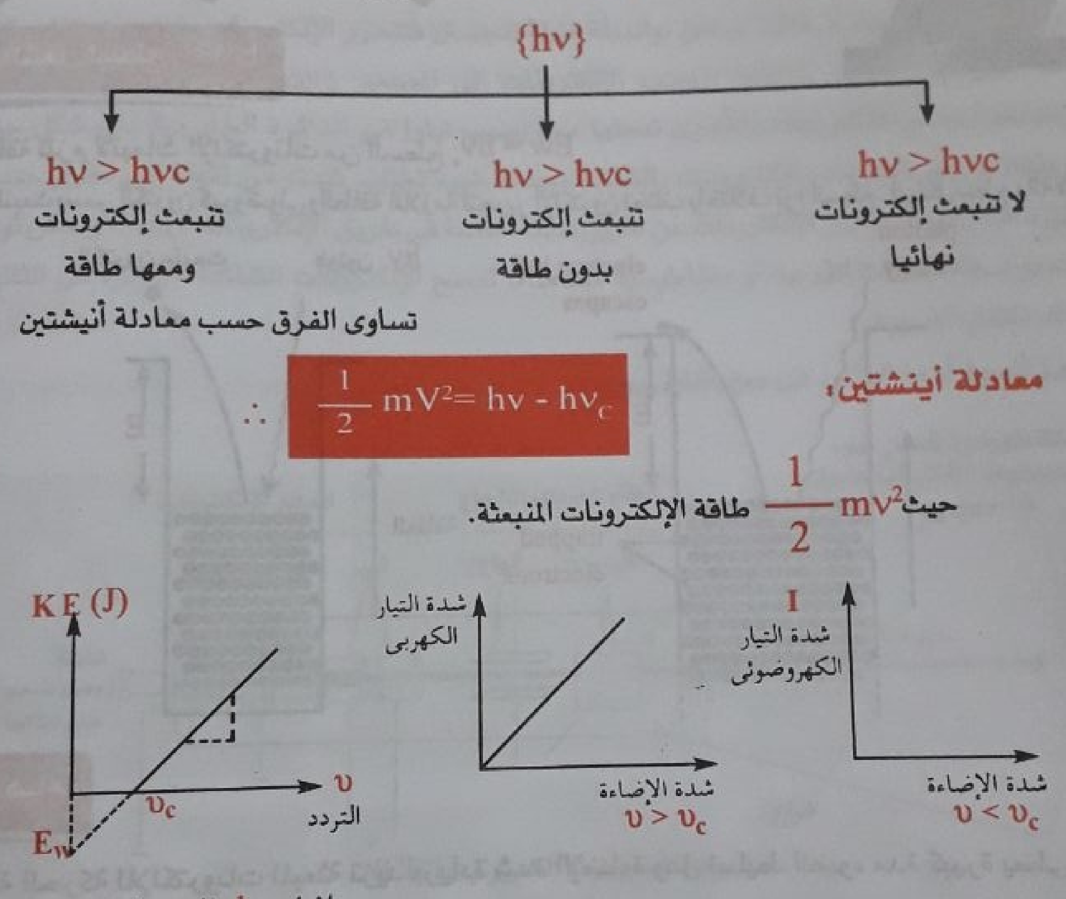
٦ – الخارصين يحتاج أشعة فوق بنفسجية لتحرير الإلكترونات منه لأن الطاقة التى تلزم التحرير الإلكترون منه عالية ولكن هناك عناصر مثل الصوديوم والبوتاسيوم والسيزيوم تنبعث مها الإلكترونات بالضوء العادى أى يحتاج طاقة أقل.

٧– الفوتون الواحد يتفاعل مع إلكترون واحد فقط. [one - to one - intration]

٨– من لحظة سقوط الفوتون حتى خروج الإلكترون فترة 1×10^{-9}S أى واحد نانو ثانية.

تفسيـر أينشتين للظاهرة الكهروضوئية :

إذا سقط ضوء له تردد ν وطاقة الفوتونات $= h\nu$ هناك 3 حالات وهى:



معادلة أينشتين :

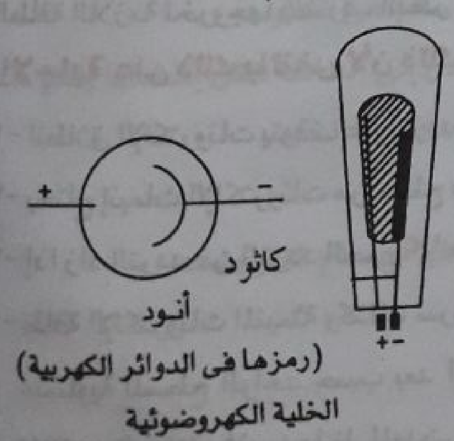
$$\therefore \quad \frac{1}{2} mV^2 = h\nu - h\nu_c$$

حيث $\frac{1}{2} mv^2$ طاقة الإلكترونات المنبعثة.

الميل = h ثابت بلانك

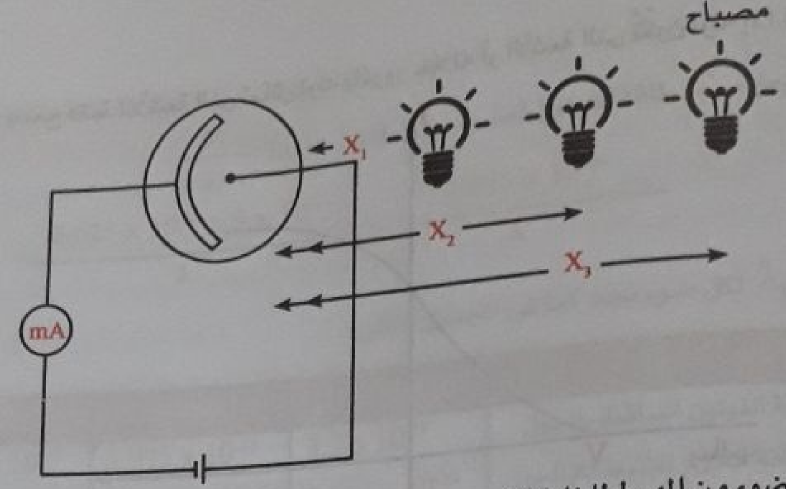
الخلية الكهروضوئية :

عبارة عن انتفـاخ زجاجى مفرغ من الهواء إلى درجة عالية بداخله كاثود أو مهبط عبارة عن لوح معدنى مقعر الشكل سطحه الداخلى مغطى بطبقة من السيزيوم رقيقة وأمام الكاثود يوجد أنود وهو عبارة عن قضيب معدنى رفيع حتى لا يعوق ولا يحجب الضوء عن الكاثود ومثبت فى قاعدة الخلية مسمارى توصيل إحداهما بالكاثود والآخر بالأنود كما بالشكل.



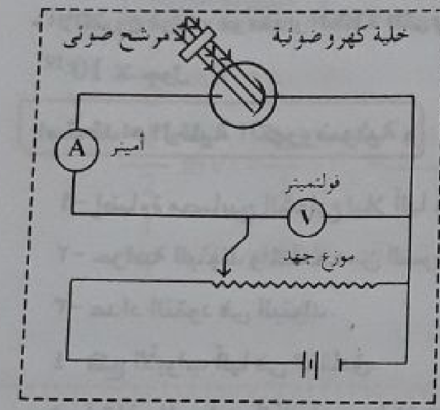
(رمزها فى الدوائر الكهربية)

الخلية الكهروضوئية



عند تقريب مصدر الضوء من المهبط للخلية الكهروضوئية وقياس شدة التيار بواسطة مللى أمبير نجد كلما قلت المسافة بين المصباح والخلية زادت شدة الضوء ذاد شدة التيار بشرط الضوء تردده أكبر التردد الحرج.

والشكل المقابل يوضح الدائرة الكهربية المستخدمة وبها موزع الجهد يمكن عن طريقه التحكم في فرق الجهد على المصعد ويمكن جعل جهد المصعد سالب، والمرشح يختار الضوء المناسب.



العمل:

١- عند سقوط ضوء على السطح المعدنى (المهبط) تنطلق بعض الإلكترونات من هذا السطح.

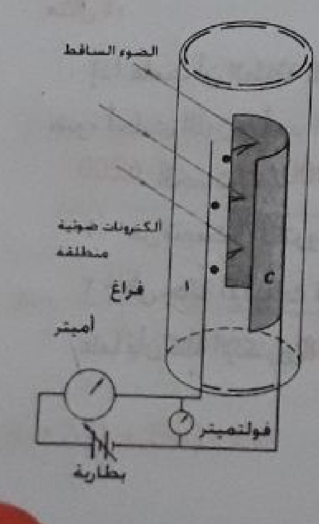
٢- يلتقط الأنود هذه الإلكترونات مما يسبب تيارًا فى الدائرة الخارجية.

٣- كلماذ زادت شدة الضوء الساقط الذى تردده أكبر من التردد الحرج يزيد عدد الإلكترونات المنطلقة ويزيد شدة التيار.

٤- مع زيادة تردد الضوء الساقط يزيد طاقة الإلكترون الكهروضوئى المنبعث ولا تزيد شدة التيار.

هناك إلكترونات تنبعث معها طاقة تمكنها من الوصول إلى المصعد حتى إذا كان جهده صفر.

جهد الإيقاف: Stopping Voltage (Vs)

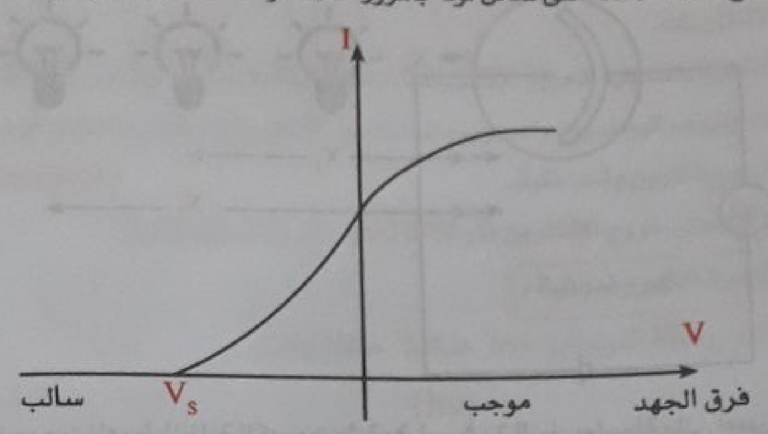


هو أصغر جهد سالب على الأنود يكون كافيا لقطع مرور التيار الكهروضوئى فى دائرة الخلية الكهروضوئية، ومنع أسرع الإلكترونات من الوصول إلى المصعد ويسمى جهد القطع أيضًا.

ولا يتوقف على شدة الضوء ولكن يتوقف على التردد وأهمية معرفة جهد الإيقاف حتى يمكن معرفة دالة الشغل للسطح من العلاقة.

$$eVs = \frac{1}{2} mV^2 = h\nu - E_w$$

المرشح الضوئى: يسمح فقط للأشعة التى تماثل لونه بالمرور خلاله أو الأشعة التى تُكون لونه إذا اختلطت معًا.



ملحوظة

- **الطاقة بالإلكترون فولت × شحنة الإلكترون = الطاقة بالجول.**
- **الإلكترون فولت: هو مقدار الطاقة التى يكتسبها إلكترون عندما ينتقل بين نقطتين فرق الجهد بينهما واحد فولت = 1.6×10^{-19} جول**

استخدام الخلية الكهروضوئية:

١- إضاءة مصابيح الشوارع ليلا آليا عند إختفاء ضوء الشمس.

٢- حراسة البنوك والمتاحف من السرقة بعمل جرس أنذار آلى.

٣- عداد النقود فى البنوك.

٤- فتح الأبواب آليا فى الفنادق.

٥- إيقاف المصاعد أليًا عند محاولة فتح الباب.

٦- الوصلة الثنائية الضوئية

أمثلة

مثال ١:

إذا علمت أن الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون من سطح معدن هى 3.975×10^{-19} جول فإذا أضىء السطح بواسطة ضوء أحادى اللون وبأحد الأطوال الموجية الآتية:

6200 أنجستروم ،5000 أنجستروم ،3100 أنجستروم وضح فى كل حالة:

١ - هل تنبعث الإلكترونات من سطح المعدن أم لا.

٢ - فى حالة الإنبعاث احسب طاقة حركة الإلكترون المنبعث وسرعته.

علما بأن كتلة الإلكترون $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg ، وثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.S

الحل: ∴ طاقة الفوتون تحسب من العلاقة $= h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{\lambda} = \frac{19.875 \times 10^{-26}}{\lambda}$$

بالتعويض عن λ لكل ضوء نجد كما فى الجدول التالى:

λ	6200×10^{-10} متر	5000×10^{-10} متر	3100×10^{-10} متر
طاقة الفوتون الساقط بالجول	3.2×10^{-19}	3.975×10^{-19}	6.411×10^{-19}
الطاقة اللازم للانبعاث بالجول	3.975×10^{-19}	3.975×10^{-19}	3.975×10^{-19}
طاقة الحركة للالكترون المنبعث	لا تنبعث الكترونات	تنبعث الكترونات طا الحركة = صفر	تنبعث الكترونات معها طاقة تساوى الفرق لها سرعة
سرعة الإلكترونات	--	--	

طاقة الحركة للإلكترون المنبعث تحسب من العلاقة:

$$\frac{1}{2} mv^2 = h\nu - h\nu_c$$

$$\frac{1}{2} mV^2 = \frac{hC}{\lambda} - E_w = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3100 \times 10^{-10}} - 3.975 \times 10^{-19} = 2.436 \times 10^{-19} \text{ J}$$

لحساب السرعة

$$\frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2 = 2.436 \times 10^{-19}$$

منها $V = 7.31 \times 10^{7}$ m/s

مثال ٢:

سقط ضوء طول موجته λ على سطح معدن فإنطلقت إلكترونات من السطح بطاقة حركة أقصاها $1ev$ وإذا سقط ضوء آخر طول موجته $\frac{\lambda}{2}$ على نفس السطح إنطلقت إلكترونات بطاقة أقصاها $4ev$ احسب دالة الشغل لسطح المعدن.



الحل:

$$K.E = h\nu - Ew$$

$$\therefore 1eV = \frac{hC}{\lambda} - Ew \longrightarrow (1)$$

منها $\therefore \frac{hC}{\lambda} = 1 + Ew$

$$4ev = \frac{2hC}{\lambda} - Ew \longrightarrow (2)$$

بالتعويض من(1) فى(2) $4 = 2[1 + Ew] - Ew$ منها $Ew = 2ev$

ظاهرة كومتون (A.H. Compton):

اكتشف العالم كومتون هذه الظاهرة عام ١٩٢٣ أثناء اجراء دراسة على طيف أشعة X المشتتة من المواد فقد لوحظ عند سقوط فوتون له طاقة عالية مثل فوتون أشعة(γ) أو أشعة –X– على إلكترون حر يحدث الآتى:

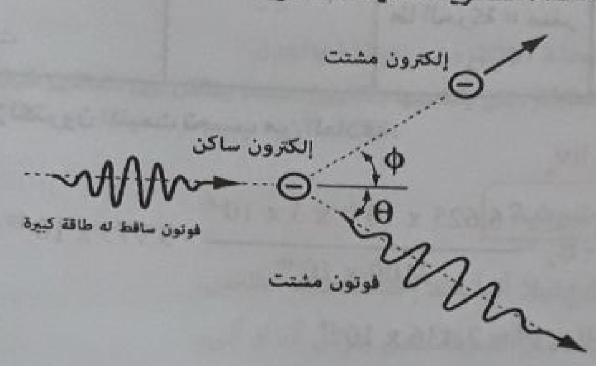
١- يقل تردد الفوتون أى تقل طاقته ويغير إتجاهه.

٢- تزداد سرعة الإلكترون ويغير إتجاهه أيضًا.

٣- الطول الموجى للفوتون المشتت يكون أطول من الطول الموجى للفوتون الساقط.

وتفسير ذلك من خلال فرض بلانك:

إن الفوتون يصطدم بالإلكترون مثل تصادم الكرات ويكون كمية التحرك قبل وبعد التصادم ثابتة وكذلك طاقة الإلكترون + طاقة الفوتون قبل وبعد التصادم ثابتة لأنه يعتبر تصادم مرن، وظاهرة كومبتون توضح الخاصية المادية للفوتون وقد أدت هذه الظاهرة لأعطاء النظرية الكمية دفعة قوية.



تبعا لذلك فإن الفوتون المشتت أقل طاقة وأقل تردد وأطول طول موجى من الفوتون الساقط وهذا يتعارض مع النظرية الكلاسيكية وحيث أنه يوجد اختلاف بين الفوتون الساقط والمشتت فى التردد لذلك لا يمكن القول أن الفوتون المشتت هو نفسه الساقط ولكن الفوتون الساقط قد اختفى أو فنى والفوتون المشتت قد خلق أو تولد لأن الفوتون كمه من الطاقة لا تتجزأ.

معلومة إثرائية

الفرق بين الطول الموجى للفوتون الساقط والمشتت تحسب من العلاقة

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_o C}[1 - \cos\theta] = 0.024 \times 10^{-10}[1 - \cos\theta]$$

$\Delta\lambda$ تتزامن من 0 إلى $[0.048 A^o]$ وتتوقف فقط على زاوية التشتت للفوتون.

طبيعة الفوتون:

الفوتون هو كمه من الطاقة مركزه فى حيز صغير جدا طاقته وهو متحرك $= h\upsilon$ ويسير دائمًا بسرعة الضوء(C) وله كتلة وهو متحرك $= \frac{h\upsilon}{C^2}$ وكمية تحرك $\frac{h\upsilon}{C}$

وذلك لأن الطاقة المتحولة من الكتلة حسب علاقة أينشتين $mC^2 = h\upsilon$

لذلك الكتلة الصغيرة عندما تتحول إلى طاقة تعطى طاقة هائلة لأنها تضرب فى (C^2) = مربع سرعة الضوء 9×10^{16} وهو أساس القنابل الذرية.

حساب قوة الشعاع على السطح، عند سقوط فوتون على سطح عاكس

• التغير فى كمية تحرك الفوتون= $\Delta P_L = 2\ m\ C$

إذا فرض أن معدل الفوتونات الساقطة كل ثانية= $\Phi_L = \frac{n}{\Delta t}$

∴ القوة هى معدل التغير فى كمية التحرك حسب قانون نيوتن الثانى.

$$F = 2m\ C.\phi_L$$

$$F = 2\frac{h\upsilon}{C^2}.C.\phi_L = (\frac{h\upsilon}{C}).\ \phi_L = \frac{2}{C}(h\upsilon\ \phi_L)$$

$$F = 2\frac{Pw}{C}$$ ⟶ نيوتن

حيث P_W هى القدرة وتقاس بوحدات الوات وهى معدل الطاقة الساقطة على السطح الطاقة الساقطة على السطح فى 1 ثانية= $P_w = h\nu\ \phi_L$

وحيث أن هذه القوة صغيرة جدًا لا تؤثر على جسم كبير مثل كرة أو سيارة أو قلم.

ولكن بالنسبة للإلكترون هذه القوة تستطيع تحريكه نظرًا لصغر كتلته، وهذا هو تفسير ظاهرة كومتون.

• **هناك نموذجان فى التعامل مع الفوتون:**

(أ) النموذج الدقيق الميكروسكوبى (المجهرى) تتصور الفوتون كمية صغيرة من الطاقة تردده υ وكل الفوتونات لها مجال كهربى ومغناطيسى متغير ومتعامدان وعموديان على اتجاه السرعة وهو النموذج الذى يدرس الجسيمات الأولية والأنظمة الصغيرة وسلوكها ووضع القوانين لها.

(ب) النموذج الماكروسكوبى (الأكبر) هو سلوك حزمه من الفوتونات شدة الموجة وشدة المجال المصاحب تدل على تركيز الفوتونات وهو يعنى قوانين الفيزياء الكلاسيكية فى عالم العيانى نأخذ الملامح الاجمالية حيث أن الموجة تصف السلوك الجماعى للفوتونات والنموذجان يرتبطان معا.

وإذا كان العائق للفوتون كبير أكبر من λ بكثير يستخدم النموذج الماكروسكوبى وإذا كان العائق أقل من λ مثل الذرة والإلكترون يستخدم النظام الميكروسكوبى الأصغر للفوتون.

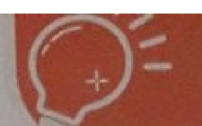
مثال:

احسب القوة التى يؤثر بها شعاع ضوئى قدرته 5 وات على سطح حائط عاكس.

الحل:

$$F = \frac{2\ P_w}{C} = \frac{2 \times 5}{3 \times 10^8} = 3.33 \times 10^{-8}\ N$$

وهذه القوة لا تؤثره على الحائط لأنها صغيرة جدًا.



علاقة الطول الموجى للفوتون بكمية التحرك له :

$\therefore$ كمية التحرك $P_L = m.C$

حيث أن كتلة الفوتون = $\frac{h\upsilon}{C}$

$$\therefore P_L = m.C \frac{h\upsilon}{C^2} . C = \frac{h\upsilon}{C} = \frac{h\upsilon}{\lambda\upsilon} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{P_L}$$

- عند سقوط الفوتونات على السطح يحدث الآتى (حسب λ)

(أ) إذا كانت λ أكبر بكثير من المسافات البينة بين الذرات فإن السطح يصبح متصل بالنسبة للطول الموجى وتنعكس الفوتونات كما فى النظرية الموجية لهيجتز.

(ب) إذا كانت λ أقل أو مقاربة للمسافة بين الذرات وهى بالانجستروم نجد أن الفوتونات تنفذ خلال السطح والطول الموجى الصغير مثل أشعة - X - طولها الموجى من 100 أنجستروم إلى 0.01 انجستروم. ولذلك تنفذ أشعة - X - وتحيد فى البلورات.

عندما يذكر شعاع من الفوتونات طاقة فوتوناته (E) أى طاقة كل فوتون = (E) أى يقال شعاع تردده (ν) يعنى أن كل فوتون تردده (ν) .

مثال:

فوتون ضوء أخضر طوله الموجى 5000 أنجستروم احسب:

١- تردد الفوتون. ٢- كتلة الفوتون. ٣- كمية تحرك الفوتون. ٤- طاقة الفوتون.



الحل :

$$\therefore C = \lambda . \upsilon \quad 1- \quad \therefore \upsilon = \frac{3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}} = 6 \times 10^{14}\ Hz$$

كتلة الفوتون
$$2- m = \frac{h\upsilon}{C^2} = \frac{6.625 \times 10^{-34}\ 6 \times 10^{14}}{9 \times 10^{16}} = 4.4 \times 10^{-36}\ Kg$$

كمية التحرك
$$3- P_L = \frac{h\upsilon}{C} = m.C = \frac{h}{\lambda}$$

$$= 4.4 \times 10^{-36} \times 3 \times 10^8 = 13.2 \times 10^{-28}\ Kg\ m/s$$

$$4- \text{طاقته} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34}\ 3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}} = 3.975 \times 10^{-36}\ J$$

الطبيعة الموجية للجسيم:

• الطبيعة المزدوجة تعنى أن الجسيم المتحرك له خصائص موجية بجانب خصائصه المادية والموجة لها خصائص مادية بجانب خصائصها الموجية. كما ذكرنا سابقا.
وكل ما فى الكون فى حالة تماثل Symmetry فإذا كانت الموجة لها خصائص مادية يكون للجسيم خصائص موجية.

علاقة (دى برواى): De Broglie

وضع دى برولى عام ١٩٢٣ علاقة لحساب الطول الموجى المصاحب لجسيم متحرك.
P_L كمية تحرك الجسيم

$$\lambda = \frac{h}{mV} = \frac{h}{P_L}$$

• من المعروف أن الضوء مجموعة هائلة من الفوتونات وهى موجه لها خاصية الانعكاس - الانكسار - الحيود - التداخل.

• وكذلك الشعاع الإلكترونى مجموعة هائلة من الإلكترونات لها موجه مصاحبة بجانب الخصائص المادية للإلكترون وهذه الموجات المصاحبة لها أيضا خاصية الانعكاس - الانكسار - الحيود - التداخل وعلى ذلك يمكن استخدام شعاع من الإلكترونات كما نستخدم شعاع من الضوء كما فى حالة الميكروسكوب الإلكترونى : تسلك الإلكترونات سلوك الضوء وتتشابه معه فى الانعكاس والانكسار.

وقد تمكن العالمان دافيسون - جيرمر من اثبات حيود وتداخل الإلكترونات بإمرار حزمه ضيقة جدا من الإلكترونات المنبعثة من مدفع إلكترونى خلال شريحة من الألومنيوم رقيقة واستقبال الإلكترونات على لوح فلورسى فأمكن الحصول على هدب التداخل حلقات مضيئة وأخرى معتمة.

وهذا يثبت أن الإلكترونات تخضع لظاهرتى التداخل والحيود وهى بذلك لها خصائص موجية بجانب خصائصه المادية وهذه هى الطبيعة المزدوجة.

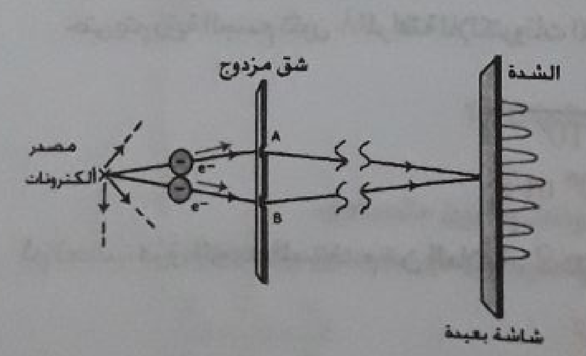
ملحوظة:

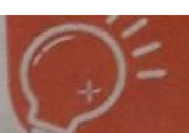
١- تعتبر شريحة الألومنيوم حيث الذرات مرتبة فى شكل هندسى بللورى تعمل عمل محزوز الحيود وهى محزوز حيود طبيعى من البلورات.

٢- ويلاحظ أن شدة الموجة المصاحبة لشعاع إلكترونى تدل على تركيز الإلكترونات.

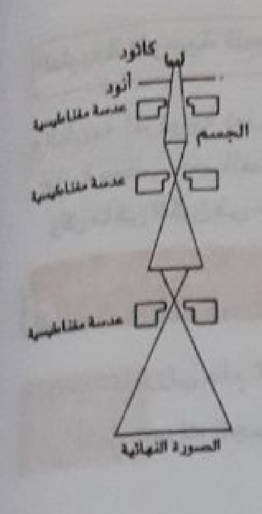
حيود الإلكترونات وتداخلها فى تجربة الشق المزدوج:

عند سقوط الإلكترونات بسرعة وطاقة معينة على شق مزدوج يحدث التداخل والحيود كما يحدث للضوء وتظهر الشدة فى مواضع على اللوح الفلوريس على هيئة بقع مضيئة.





الميكروسكوب الإلكترونى Electron Microscope



- الميكروسكوب الضوئى يستخدم أشعة ضوئية طولها الموجى معروف من حوالى 4000 أنجستروم إلى 7000 أنجستروم ويشترط فى تكبير أى جسم أن تكون ابعاده أكبر من الطول الموجى المستخدم.

لذلك لا يصلح لتكبير الأجسام الصغيرة جدًا أقل من λ للضوء.

ولكن الميكروسكوب الإلكترونى يمكن التحكم فى الطول الموجى للإلكترونات بزيادة سرعتها حسب علاقة دى برولى، فيقل الطول الموجى المرافق.

حتى يصل إلى أجزاء صغيرة جدا لذلك له قوة تحليل كبيرة جدًا ومعامل تكبيره كبير جدًا.

فكرة عمل الميكروسكوب الإلكترونى:

- ظاهرة دى برولى أن للجسيم خواص موجية بجانب خواصه المادية.

$$\lambda = \frac{h}{mV}$$

- ويمكن التحكم فى الطول الموجى بتغير السرعة عن طريق فرق الجهد حيث

$$eV = \frac{1}{2} mV^2$$

فرق الجهد

والتركيب كما بالشكل:

الفتيلة: تسخن تبعث إلكترونات.

المصعد: يكسب الإلكترونات طاقة وسرعة حيث عليه جهد عالى.

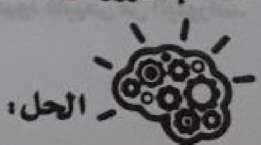
العدسات: عبارة عن عدسات إلكترونية لتجميع الإلكترونات وهى نوعان كهروستاتيكية - ومغناطيسية وتفضل المغناطيسية لأنها تعطى صوره أكبر وأوضح.

والصورة النهائية تستقبل على شاشة فلوريسية.

وحجم الميكروسكوب الإلكترونى كبير يشغل حجرة كبيرة كما فى الصورة.

مثال:

استخدم ميكروسكوب إلكترونى لرؤية جسم طوله 0.4nm احسب فرق الجهد المستخدم فى الميكروسكوب علمًا بأن كتلة الإلكترون 9.1×10^{-31} Kg ثابت بلانك 6.625×10^{-34} J.S



الحل:

حتى يتم رؤية الجسم تكون λ المرافقة للإلكترونات المعجلة أقل من طول الجسم من علاقة دى برولى نحسب سرعة الإلكترونات.

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad \therefore V = \frac{h}{m\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 4 \times 10^{-}}$$

منها $V = 1.82 \times 10^6$ m/s

ثم نحسب فرق الجهد المستخدم من العلاقة $ev = \frac{1}{2} m 2$

$$1.6 \times 10^{-19} \times V = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (1.82 \times 10^6)^2$$

منها $V = 9.42$ فولت

١- المقارنة بين الميكروسكوب الضوئى والميكرسكوب الإلكترونى

وجه المقارنة	الميكرسكوب الضوئى	الميكرسكوب الإلكترونى
الأشعة المستخدمة	أشعة ضوئية من مصدر ضوئى	أشعة إلكترونية ذات طاقة كبيرة
العدسات المستخدمة	عدسات زجاجية	عدسات إلكترونية وتفضل المغناطيسية.
حدود الاستخدام	يكبر الأجسام التى طولها أكبر من أصغر موجة للضوء المرئى.	يكبر الأجسام الدقيقة جدًا مثل الفيروسات والتى طولها أصغر من طول موجة الضوء.
قوة التكبير	صغيرة نسبيًا حوالى ٢٠٠ مرة.	كبيرة تصل إلى ١٠٠ ألف مرة.
الصورة النهائية	تسقط على العين مباشرة	تستقبل على شاشة فلوريسية.

٢- مقارنة بين الإلكترون والفوتون

الإلكترون	الفوتون
١- هو جسيم مادى له طبيعة موجية. ٢- له كتلة عند السكون. ٣- له شحنة سالبة ويمكن تعجيلة (أى تغيير سرعته) فى المجال الكهربى. ٤- إذا أوقف عن الحركة يحتفظ بنفسه كمادة، ويفقد طاقة حركته. ٥- كمية تحركه mv ، $\frac{h}{\lambda}$	هو كمية من الطاقة. طاقته = υh له كتلة أثناء حركته = $\frac{h\upsilon}{c^2}$ فقط موجات كهرومغناطيسية غير مشحونة ولا يمكن تعجيله. تفنى مادته ويتحول إلى طاقة يمتصها الجسم. كمية تحركه $\frac{h\upsilon}{c}$ ، $m\,v$ ، $\frac{h}{\lambda}$

٣- مقارنة بين تأثير كومتون والإنبعاث الكهروضوئى:

تأثير كومبتون	الانبعاث الكهروضوئى
١- يمتص الإلكترون جزءًا من طاقة الفوتون الساقط ويتشتت الفوتون بطاقة أقل.	١- يمتص الإلتكرون كل طاقة الفوتون الساقط ويختفى الفوتون نهائيًا.
٢- ينطلق الإلكترون من السطح المقابل للسطح الذى تسقط عليه الاشعة ويكون إتجاه حركته فى نفس جهة السقوط.	٢- تنبعث الإلكترونات عند السطح نفسه الذى تسقط عليه الأشعة وإتجاه حركة الإلكترون عكس إتجاه السقوط.
٣- يسمى الإلكترون المنبعث بإلكترون كومبتون.	٣- يسمى الإلكترون المنبعث بالإلكترون الكهروضوئى.

معلومة إثرائية

شدة الضوء الساقط = $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$ **وتقاس بوحدة وات/م٢**

إذا تساوت الشدة:

(أ) وكان نفس الطول الموجى فإن عدد الفوتونات يكون متساوى.

(ب) إذا كان الطول الموجى مختلف فإن عدد الفوتونات يكون غير متساوى والعلاقة:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}$$

حيث n عدد الفوتونات الساقطة





صورة الميكروسكوب الإلكترونى
بالحجم الطبيعى ←



صورة فم البلهارسيا مكبرة
1500 مرة



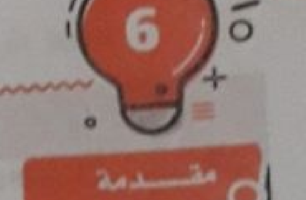
ماذا يقصد بمصطلح الطبيعة المزدوجة؟

تعتبر أن للموجات خصائص مادية بجانب خصائصها الموجية اكتشف ذلك العالم كومبتون وأن الجسيم المتحرك ترافقه موجات اكتشف ذلك العالم دى برولى.



التعليلات الهامة

الحقيقة العلميـة	التعليـل
١- يستطيع الميكروسكوب الإلكترونى تكبير الأجسام الدقيقة جدًا.	- لأنه يمكن التحكم فى الطول الموجى بزيادة فرق الجهد الكهربى بين الأنود والكاثود فتزيد السرعة ويقل الطول الموجى حسب علاقة دى برولى.
٢- يقل الطول الموجى المصاحب للإلكترون بزيادة سرعته.	- وذلك حسب علاقة دى برولى $\lambda = \frac{h}{mv}$ بزيادة السرعة يقل الطول الموجى.
٣- تعتبر ظاهرة كمبتون مثالاً لتوضيح الطبيعة الجسيمية.	- لأن جهد الإيقاف يتوقف على طاقة الإلكترون المنبعث وهى تتوقف على تردد الضوء الساقط والفرق بين التردد الساقط والتردد الحرج كلما زاد الفرق زادت قيمة جهد الإيقاف عدديا.
٤- تعتبر ظاهرة كمبتون مثالاً لتوضيح الطبيعة الجسيمية.	- وذلك لأن الفوتونات تصطدم بالإلكترونات حسب فرض بلانك وثبات كمية الحركة للإلكترون والفوتون قبل وبعد التصادم لذلك يعتبر أن الفوتون جسيم له كمية تحرك يعنى له كتلة وسرعة أى له طبيعة مادية.
٥- فشلت النظرية الكلاسيكية فى تفسير الانبعاث الكهروضوئى.	- لأن النظرية الكلاسيكية تعتبر أن شدة التيار وانطلاق الالكترونات وطاقتها وسرعتها تتوقف على شدة الضوء الساقط وزمن التعرض لتتجمع الطاقة حتى تكفى لانبعاث الالكترون ولكن المشاهدات العملية تختلف حيث تتوقف أساسًا على تردد الضوء.
٦- تخلخل الخلية الكهروضوئية من الهواء.	- حتى لا يتأكسد الفلز على الكاثود ويفقد حساسيته للضوء وحتى تتحرك الإلكترونات بحرية داخل الخلية ولا تتصادم مع جزيئات الهواء.
٧- الأنود سلك رفيع فى الخلية الكهروضوئية.	حتى لا يحجب الضوء الساقط على الكاثود.
٨- يزيد الطول الموجى لأشعة جاما نتيجة اصطدامه بإلكترون حر.	لأن طاقة فوتون جاما تقل بعد التصادم وبذلك يقل تردده ويزيد الطول الموجى له.



6 الأطيـاف الذريـة



مقــدمة

الطيف الذرى يميز العنصر. أى كل عنصر له طيف يميزه عن غيره من العناصر وذلك بسبب إختلاف التركيب الذرى للعنصر وخطوط الطيف هى لغة الذرة للتعبير عن مكوناتها ولدراسة التركيب الذرى نأخذ.

نموذج بور للذرة Bohr's Model ١٩١٣م

توصـل بـور إلى نمـوذج لذرة الهيدروجين وبنـى بور نموذجه بعد أن درس الصعوبات التى واجهت نموذج رذرفورد مستخدما تصورات رذرفورد وهى:

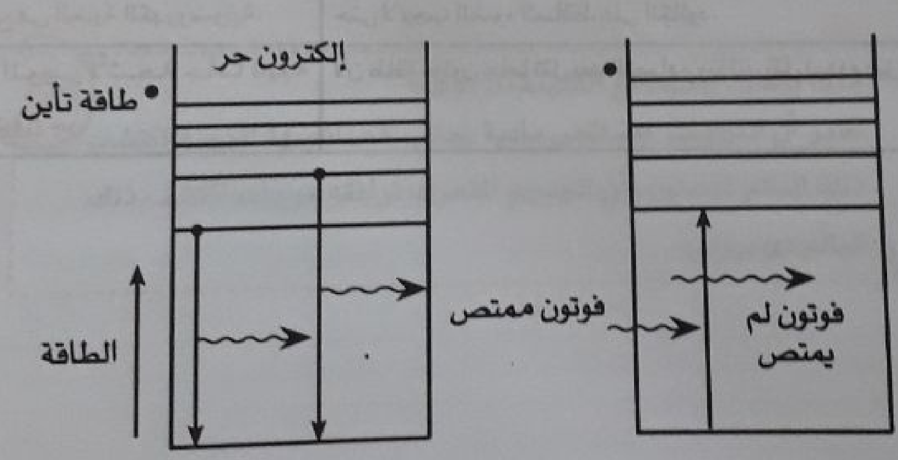
١- توجد عند مركز الذرة نواة موجبة الشحنة.

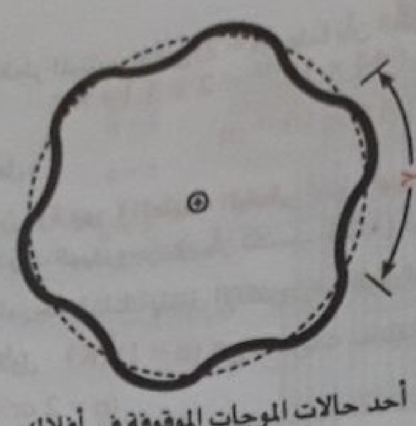
٢- الذرة متعادلة كهربيا حيث أن شحنة الإلكترونات حول النواة يساوى عدد الشحنات الموجبة التى تحملها النواة.

٣- يتحرك الإلكترون حول النواة فى مدارات ثابتة محددة تعرف باسم الأغلفة Shells ويحمل طاقات محددة وأثناء ذلك لا يمتص أو يشع طاقة طالما كان يتحرك فى مستوى الطاقة الخاص به.

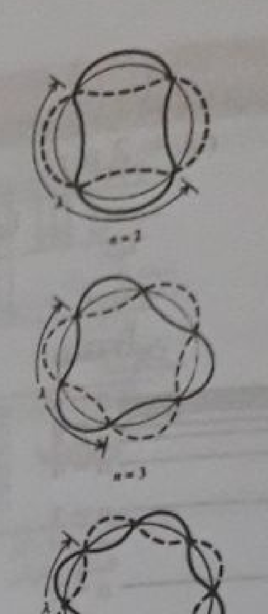
ثم أضاف إليها الفروض الهامة الآتية:

١- إذا انتقل الكترون من مدار خارجى طاقته (E_2) إلى مدار داخلى طاقته (E_1) حيث $(E_2 > E_1)$ فإنه تنطلق نتيجة لذلك كمة من الاشعاع أي (فوتون) طاقته $h\upsilon = E_2 - E_1$ والعكس يمتص الإلكترون طاقة إذا انتقل من مستوى قريب من النواة إلى مستوى أبعد ويكون مقدار الطاقة الممتصة هى فرق الطاقة بين المستويين.





أحد حالات الموجات الموقوفة فى أفلاك الالكترونات حيث $(2\pi r = 6\lambda)$



٢- القوى الكهربية (قانون كولوم) والقوى الميكانيكية (قانون نيوتن) قابلة للتطبيق فى مجال الذرة.
وجد أن الإلكترون لن يتواجد فى حالة مستقرة ما لم تكن موجة دى برولى له موجة موقوفة داخل المدار ولكى يحدث هذا الرنين لابد أن يكون طول المدار $2\pi r$ مساويًا لعدد صحيح من الأطوال الموجية كما بالشكل وكلها التفت الموجة حول المدار مرات ومرات فإن القمة تحدث فوق قمة وقاع فوق قاع وهذا شرط حدوث الحالة المستقرة.
يمكن حساب نصف قطر المدار تقديريا إذا اعتبرنا أن الموجة المصاحبة له تمثل موجة موقوفة (فرض دى برولى).
حساب نصف القطر من العلاقة: $n\lambda = 2\pi r$

حيث $n = 1,2,3$ .... إلخ

ويكون طول المسار للإلكترون حول النواة عدد صحيح من الموجات الموقوفة.

بالتعويض عن (λ) من معادلة دى برولى $\lambda = \frac{h}{mv}$

$$n\frac{h}{mv} = 2\pi r \quad \text{ومنها} \quad r = \frac{nh}{2\pi mv}$$

بمعرفة كمية تحرك الالكترون (mv) ، (h) ثابت بلانك، (n) رقم المدار

معلومة إثرائية

١- ويمكن حساب (r) نصف قطر المدار وقد وجد أن $r_n = \text{Constant} \times n^2$ فى ذرة الهيدروجين.

المقدار الثابت = $(5.29 \times 10^{-11})\text{m}$

(الأى مستوى) $r_n = (5.29 \times 10^{-11}) \times n^2$

٢- الموجة المصاحبة للإلكترون تعبر عن طبيعة احتمالية لوجود الإلكترون فى موضع ما حيث أوضح هيزنبرج عدم استطاعة تحديد مكان الإلكترون داخل الذرة على وجه اليقين ولذلك يمكن تصور أن المدار هو المسار الذى يحتوى على عدد صحيح من الأطوال الموجية الذى يتكون عليه أيضا موجة موقوفة.

٣- بور عالم دانماركى درس فى مانشستر على يد العالم رذرفورد حصل على نوبل عام ١٩٢٢ له 5 أولاد حصل أحدهم على نوبل عام ١٩٧٥.

مثال:

احسب نصف قطر المستوى الثانى $(n = 2)$ علما بأن الطول الموجى للالكترون فيه 6.644 انجستروم.

الحل:

$n\lambda = 2\pi r$

$\therefore 2 \times 6.644 \times 10^{-10} = 2 \times 3.14 \times r$

منها $r = 21.16 \times 10^{-11}$ m

انبعاث الضوء من ذرة بور (الطيف الخطى لغاز الهيدروجين):

١- عند أثارة ذرات الهيدروجين (بأن تكتسب طاقة) فإنها لا تثار كلها بنفس الدرجة ولذلك ينتقل الإلكترون فى الذرات المختلفة من المستوى الأول $(n = 1)$ (K) إلى مستويات مختلفة أعلى منه $(n = 2$ or3 or4...)

طاقة تأين — إلكترون حر

eV	n
0	n = ∞
-0.36	n = 6
-0.54	n = 5
-0.85	n = 4
-1.51	n = 3
-3.4	n = 2
-13.6ev	n = 1

الطاقة بالإلكترون فولت

٢- لا تبقى الإلكترونات فى مستوى الطاقة العالية الا لفترة قصيرة جدا تقدر بنحو (10^{-8}) ثانية تسمى فترة العمر للمستوى ثم تهبط إلى مستويات أدنى.

٣- عندما يهبط الالكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى فانه يفقد فرق الطاقة على شكل اشعاع تردده (υ) وطاقته $(h\upsilon)$ حيث $h\upsilon = E_2 - E_1$ وطوله الموجى = $\lambda = \frac{c}{\upsilon}$

مستويات الطاقة العليا تكون متلاصقة جدًا مع بعضها ولذلك تكون قيم مستويات الطاقة تكاد تكون متساوية وعدد المستويات لا نهائى.

٤- ولذلك يتكون الطيف الخطى للهيدروجين من خمس مجموعات أو (متسلسلات) Series من الخطوط . كل خط منها يقابل طاقة محددة وبالتالى تردد محدد.

الرسوم البيانية لطاقة المستويات:

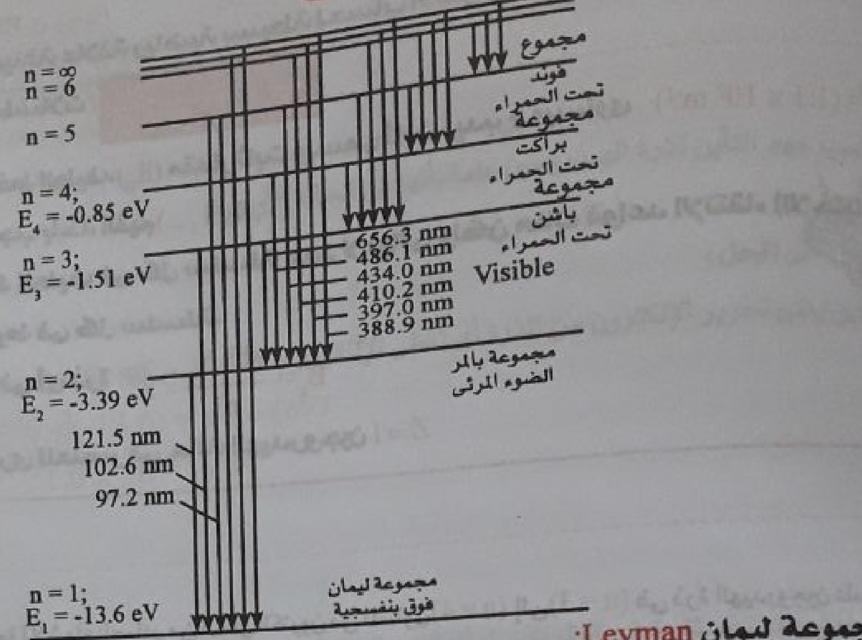
تستخدم الرسوم البيانية لمستويات الطاقة لذرة ما لتوضيح الطاقة الكلية للإلكترونات إذا ما شغلت هذه المستويات وتستخدم المعادلة الآتية لحساب طاقة المستوى (n).

فى ذرة الهيدروجين كما فى الرسم السابق من العلاقة:

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2} = eV$$

حيث: $1\ ev = 1.6 \times 10^{-19}$ Joule

ترتيب مسلسلات طيف ذرة الهيدروجين كما بالشكل:



١- مجموعة ليمان Leyman:

تحدث عندما ينتقل الالكترون إلى المستوى k (n = 1) من المستويات الأعلى وتقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية وهى ذات أطول موجية قصيرة وترددات عالية.

٢- مجموعة بالمر Balmer:

تحدث عندما ينتقل الالكترون من المستويات العليا إلى المستوى «L» (n = 2) وتقع هذه المجموعة فى منطقة الضوء المنظور وهى أول سلسلة اكتشفت.

٣- مجموعة باشن (Paschen):

تحدث عندما الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى «M» (n = 3) وتقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة Near. IR.

٤- مجموعة براكت، Bracket:

تحدث عندما الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى «N» (n = 4) وتقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء الوسطى.

٥- مجموعة فوند Pfund:

تحدث عندما الالكترون من المستويات العليا إلى المستوى «O» (n = 5) وتقع هذه المجموعة فى أقصى المنطقة تحت الحمراء وهى أكبر الأطوال الموجية وأقلها ترددا.



معلومة إثرائية

١- وقد استطاع بالمر صياغة علاقة رياضية بسيطة لحساب الأطوال الموجية لهذه المتسلسلة ويمكن تطبيقها لباقى المتسلسلات $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

(λ) الطول الموجى لخط الطيف، (R_H) مقدار ثابت ويسمى ثابت ريدبرج ويساوى ($1.1 \times 10^7\ m^{-1}$) =

و n عدد صحيح موجب باخذ القيم (... , 5 , 4 , 3)

ليس عدد خطوط الطيف فى كل سلسلة عدد لا نهائى ولكن هناك قواعد الإنتقاء (الاختيار) تحدد عدد الخطوط فى كل سلسلة.

٢- طاقة أى مستوى فى أى ذرة $E_n = \frac{-13.6}{n^2} \times Z^2$

حيث Z العدد الذرى للعنصر فى حالة الهيدروجين Z = 1

أمثلة

مثال ١:

احسب التردد وطول الموجة للإشعاع الصادر من انتقال الكترون من المستوى (n = 4) إلى (n = 3) فى ذرة الهيدروجين علما بأن:

الحل:

$E_4 = -0.85$ ev $\qquad E_3 = -1.5$ ev

$\Delta E = E_4 - E_3 = -0.85 - (-1.5) = 0.65$ ev

$\therefore \Delta E = h\upsilon \qquad \therefore 0.65 \times 1.6 \times 10^{-19} = 6.6 \times 10^{-14} \times \upsilon$

منها $\upsilon = 1.576 \times 10^{14}$ Hz

$\therefore \lambda = \frac{C}{\upsilon} = \frac{3 \times 10^{-8}}{1.576 \times 10^{14}} = 1.9 \times 10^{-6} m = 19035.5 A^\circ$

مثال ٢:

احسب أطول وأقصر طول موجى لخطوط طيف ذرة الهيدروجين فى مسلسلة ليمان علما بأن طاقة الالكترون فى أى مستوى طاقة رتبته (n) لذرة الهيدروجين هو $En = \frac{13.6}{n^2}$ (ev)

الحل:

أكبر طول موجى فى مسلسلة ليمان

$n = 2 \longrightarrow n = 1$

$E_2 = \frac{13.6}{4} = -3.4$ ev

$E_1 = 13.6$ ev $\qquad$, $VE = -3.4 - (-13.6)$ $\qquad \therefore \Delta E = 10.2$ ev

$\therefore \lambda = \frac{h.C}{\Delta E} \quad \therefore \lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10.2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.2132 \times 10^{-7} m = 1213.2 A^\circ$

أقصر طول موجى فى ليمان من

$n = \infty \longrightarrow n = 1$

$E_\infty = 0 \quad , \quad E_1 = -13.6\ (ev)$

$\therefore \Delta E = 0 - (-13.6) = 13.6\ ev$

$\lambda = \frac{h.C}{\Delta E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 9.10 \times 10^{-8}\ m$

$\lambda = 910\ A^{o}$

مثال٣:

احسب جهد التأين لذرة الهيدروجين علما بأنها فى الحالة الأرضية.

الحل:

التأين يعنى تحرير الإلكترون من الذرة أى تعطى الإلكترون طاقة تجعل طاقته $E = 0$

$\Delta E = e.V \qquad \Delta E = 0 - (-13.6) = 13.6\ (ev)$

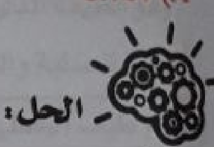
$13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-19} \times V$

$\therefore V = 13.6\ Volt$

مثال٤:

ذرة هيدروجين مستقرة فى الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة اذكر مع التعليل ما يحدث عندما يسلط عليها فوتون طاقته تساوى:

A) 8.7ev   B) 10.2ev   C) 13.6ev   D) 15.6ev



الحل:

∵ ذرة الهيدروجين مستقرة.

∴ الإلكترون يدور فى المدار الأول ويمتلك طاقة -13.6ev

A) فى حالة امتصاص الإلكترون للفوتون تكون طاقته الكلية $E = -13.6 + 8.7 = -4.9\ ev$

∵ طاقة أى مستوى $= \frac{-13.6}{n2}$

$\therefore n2 = \frac{-13.6}{-4.9} \quad \therefore n = 1.66$

∵ الطاقة سالبة أى الإلكترون داخل الذرة n ليست عدد صحيح.

∴ الإلكترون لايمتص طاقة الفوتون ولاتثار الذرة ولا يؤثر الفوتون على الذرة.

B) فى حالة إمتصاص الإلكترون لطاقة الفوتون تكون الطاقة الكلية

$E = -13.6 + 10.2 = -3.4\ ev$

$\therefore n^2 = \frac{-13.6}{-3.4} = 4$ منها $n = 2$

∵ الطاقة سالبة أى الإلكترون داخل الذرة n عدد صحيح

تثار الذرة وينتقل الإلكترون إلى المدار الثانى (مستوى الأثارة الأول)

C) فى حالة إمتصاص الإلكترون لطاقة الفوتون تكون الطاقة الكلية

صفر = $E = -13.6 + 13.6$

∴ الطاقة = صفر الإلكترون يتحرر من الذرة دون أن يكتسب طاقة حركة وتتأين ذرة أى الطاقة اللازمة للتأين فى الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة = 13.6ev

D) فى حالة إمتصاص الإلكترون لطاقة الفوتون تكون الطاقة الكلية

$E = -13.6 + 15.6 = 2ev$

∴ الطاقة موجبة الإلكترون يتحرر من الذرة ويكتسب طاقة حركة مقدارها 2ev وتتأين الذرة

الطيف النقى والطيف غير النقى:

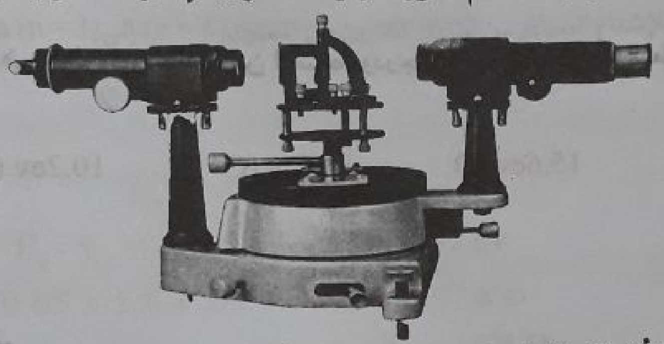
١- الطيف غير النقى هو طيف ألوانه متداخلة ولا يمكن تميز حدود كل لون فيه كما فى حالة استخدام المنشور فقط.

المطياف: Spectrometer

الغرض منه:

١- الحصول على طيف نقى. ٢- تحليل الضوء إلى مكوناته المرئية وغير المرئية.

٣- تعين معامل إنكسار مادة المنشور باستخدام قانون النهاية الصغرى للإنحراف التى يمكن معرفتها بالمطياف كبير.

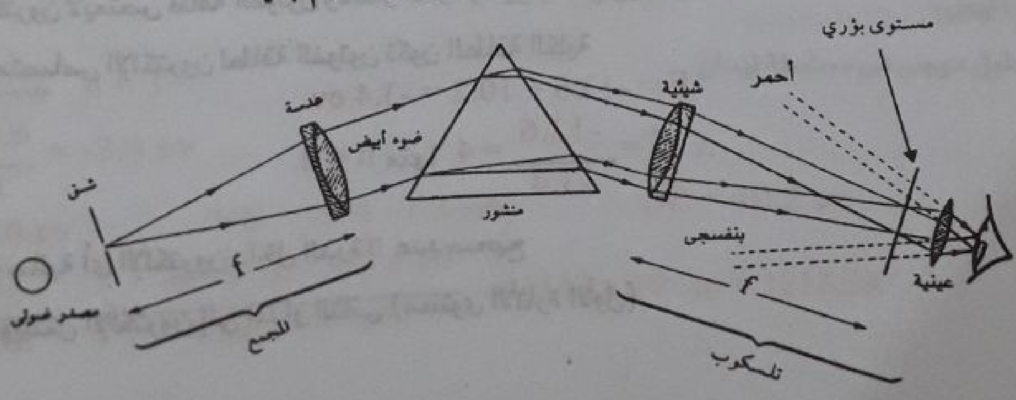


٤- تعين الأطوال الموجة للأطياف المنظورة.

٥- تعين تركيب المواد كيميائيًا عن طريق التعرف مع خطوط الطيف التى تصدر منها.

تركيب المطياف:

١- **المجمع:** عبارة عن أنبوبتين متداخلتين يمكن تحريكهما وموضوعتان على ذراع ثابت ومحوراهما أفقى فى إتجاه المنشور - ومركب على الطرف القريب من المنشور عدسة محدبة وعلى الطرف الأخر قرص به فتحته مستطيلة يوضع أمامها مصدر الضوء ويمكن التحكم فى إتساع الفتحة بواسطة مسمار محوى وتثبيت على بعد من العدسة يساوى بعدها البؤرى عن طريق التحكم فى طول الزراع حتى تكون الأشعة الساقطة على المنشور متوازية ويكون فى وضع النهاية الصغرى للإنحراف لهم جميعًا.



٢- منضدة قابلة للدوران يوضع عليها منشور ثلاثى من الزجاج فى وضع النهاية الصغرى للانحراف.

٣- تلسكوب ويتكون من عدستين محدبتين هما الشيئية والعينية وهو عبارة عن أسطوانة تشبه المجمع محورها أفقى فى إتجاه المنشور وقابلة للدوران حول مور رأسى وبه دليل يتحرك على قرص دائرى كبير أسفل قرص المنشور ومتدرج حتى يمكن قياس إنحراف أى لون من ألوان الطيف.

شرح العمل للحصول على طيف نقى:

١- تظلم الحجرة ثم تضاء الفتحة المستطيلة الضيقة - كما فى الشكل بضوء أبيض متألق ثم تسقط على عدسة لامة التى تسقط أشعة متوازية على المنشور فى وضع النهاية الصغرى للإنحراف الذى يحلل الضوء إلى مكوناته ويكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للإنحراف حتى يكون أكثر تركيزًا أو وضوحًا ويكون إنحراف الأشعة النافذة أقل ما يمكن.

٢- يوجه التلسكوب لإستقبال الأشعة المارة خلال المنشور، ثم نعدل وضع الأسطوانة حتى نرى الطيف أوضح ما يمكن ويمكن تضيق أو توسيع فتحته المجمع حتى يظهر الطيف نقى واضح.

٣- تكون أشعة كل لون الخارجة من المنشور متوازية فيما بينها وغير موازية لأشعة الألوان الأخرى.

٤- تعمل الشيئية على تجميع كل منها فى بؤرة خاصة فى المستوى البؤرى لهذه العدسة يمكن رؤيتها محددة بواسطة العينية. وبذلك يتم الحصول على طيف نقى، وتعين زاوية الإنحراف وهى الزاوية المحصورة بين إمتداد المجمع والمنظار بالنسبة لكل لون أو خط.

عند دراسة الأطياف للمواد المختلفة والتى تكون ذراتها فى حالة إثارة فإننا نميز الآتى:

أنـواع الطيــف

أولاً: الطيف المستمر Continuous Spectrum

وهو الطيف الذى يتكون من جميع الأطوال الموجية الممكنة أو يتضمن توزيعا مستمرا أو متصلا للترددات وهو ينتج عن الأجسام الصلبة والسائلة المتوهجة مثل الضوء الأبيض.

ثانيًا: طيف الخطى Bright-line Spectrum:

وهو الطيف الذى يتضمن خطوط توزع توزيعا غير مستمر للترددات أو الأطوال الموجية فى منطقة الطيف مثل طيف العناصر وخطوط الطيف هى لغه الذرة للتعبير عن مكوناتها.

ثالثًا: طيف الإنبعاث الخطى:

وهو الطيف الناتج عن انتقال الذرات المثارة من مستوى أعلى إلى مستوى أدنى. ويظهر على هيئة خطوط بيضاء على خلفية سوداء وهو منبعث مباشرة من الذرات المثارة فى حالة الغازات والابخرة المتوهجة للعناصر وتحت ضغط منخفض.

أهميته - معرفة مكونات سبيكة عند تبخرها فى قوس كهربى وتصوير الطيف الصادر منها ومقارنته بأطياف العناصر.

رابعًا: طيف الامتصاص الخطى:

إذا مر ضوء أبيض خلال غاز متوهج أو بخار العنصر فإنه يلاحظ اختفاء بعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر للضوء الأبيض بعد تحليله وتظهر على هيئة خطوط سوداء على خلفية بيضاء.

هذه نفسها الأطوال الموجية فى أطياف الانبعاث الخطية لهذا الغاز أى أن الأطياف الخطية للغازات تمتص نفس أطوالها الموجية الخاصة بها من الطيف المستمر للضوء الأبيض.



طيف انبعاث لبعض العناصر

وهذا يفسر وجود خطوط سوداء فى الطيف المستمر للشمس وهى أطياف امتصاص للعناصر الموجودة فى جو الشمس وأطلق عليها خطوط فرونهوفر Fraunhofer.

خطوط فرنهوفر :

هى طيف امتصاص لعناصر فى الغلاف الخارجى للشمس وتظهر على هيئة خطوط سوداء على خلفية بيضاء.

هل تعلم كم عدد خطوط فرنهوفر؟

عددها حوال 600 خط.

طيف امتصاص λ_1 λ_2 λ_3

أهمية خطوط فرنهوفر :

- تم معرفة عناصر موجودة فى الغلاف الخارجى للشمس مثل الهليوم والهيدروجين وعناصر أخرى وذلك عن طريق غياب الطيف الخاص بها.

علل : لا يصدر الطيف الخطى من المادة إلا إذا كانت فى صورة ذرات منفصلة أو فى الحالة الغازية تحت ضغط منخفض.

أن المادة لا تشع أطياف إلا إذا كانت على هيئة ذرات منفصلة أو فى الحالة الغازية فعندما تكتسب طاقة فإن الذرات تثار بينما فى الحالة الصلبة و السائلة عندما تعطى طاقة فإن الطاقة تعمل على تفكك الذرات من المادة ولا تعطى الطاقة للالكترونات حتى تثار إلى المستويات العليا.

لذلك بإعطاء المادة طاقة فإنها تتحول إلى ذرات منفصلة أو أيونات (حالة بلازما) وبعد ذلك الطاقة المكتسبة تثير الذرات وترتفع الالكترونات وتتذبذب بين مستويات الطاقة وهذا يسبب إنبعاث الطيف المميز لكل مادة.

معلومة إثرائية

للحصول على طيف الانبعاث للعنصر لابد من إثارة ذراته بإحدى الطرق الآتية:

١- رفع درجة الحرارة (للمواد الصلبة والسائلة حتى تتحول إلى بخار.

٢- التفريغ الكهربى للغاز أو بخار العنصر تحت ضغط منخفض وجهد عالى.

٣- عن طريق القوس الكهربى حيث تلامس قطبه السالب والموجب أحدهما من الكربون والأخر من المادة المراد دراستها وبينهما فرق جهد عالى حتى يحدث توهج للذرات.

٤- عن طريق تسخين أحد أملاح العنصر على لهب بنزن غير المضيء يتغير لون اللهب حسب نوع العنصر.

٥- البخار المتوهج عند الضغط العادى يشع طيف إنبعاث خطى والبخار المتوهج عند الضغط العادى عند سقوط الضوء عاية تمتص خطوط طيفية.

٦- التحليل الطيفى: طيف الانبعاث والامتصاص المميز للعناصر يستطيع منه تحديد نسبة مكونات السبائك ونقاء المعادن ومعرفة السموم ومعرفة مكونات النجوم والشمس ونسبة العناصر فيها من مقارنة تركيز خطوط الطيف وهذا علم التحليل الطيفى.

٧- من دراسة خطوط فرنهوفر وجد 67 عنصر مختلفة من عناصر المعروفة فى الأرض.

٨- مكونات الشمس 72% هيدروجين 25% هليوم، 3% باقى العناصر.

الأشعة السينية X- Rays

هى أشعة كهرومغناطيسية غير مرئية طولها الموجى قصير جدا ما بين $(10^{-12}\ m, 10^{-9}\ m)$ وتقع بين الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية وأشعة جاما وبالتالى فهى عالية الطاقة.

أول من اكتشفها رونتجن Rontgen وسماها هكذا لأنه لم يعرف ماهيتها فأطلق عليها اسم الأشعة المجهولة (X - Rays). وهو أول عالم يحصل على جائزة نوبل 1901 فى الفيزياء.

خواص الأشعة السينية :

١- لها قدرة كبيرة على النفاذ خلال الأجسام وتتوقف قدرتها على النفاذ بزيادة التردد الذى يتوقف على فرق الجهد بين المصعد والمهبط.

٢- لها قدرة كبيرة على تأيين الغازات لأنها طاقتها عالية جدًا.

٣- لها قابلية الحيود فى البلورات ولذا تستخدم لدراسة التركيب البلورى للجوامد لأن طولها الموجى صغير.

٤- تؤثر على الألواح الفوتوغرافية الحساسة.

٥- لها طبيعة الأشعة الضوئية فهى موجات كهرومغناطيسية لذلك لها خاصية الإنعكاس والإنكسار والتداخل والحيود.

٦- لها تردد عالى لذلك لها طاقة عالية.

٧- تسبب توهج بعض المواد عند سقوطها عليها فى الظلام مثل تنجستات الكادميوم تعطى توهج أزرق وكبريتد خارجين تعطى أخضر لذلك تستخدم هذه المواد فى الكشف عنها.

طريقة الحصول على الأشعة السينية :

باستخدام أنبوبة كولدج (Coolidge)

ريش تبريد
ساق نحاسى
أنبوبة مفرغة
الهدف
فرق جهد مستمر عال
أشعة X
فتيلة ساخنة
مصدر لتسخين الفتيلة

تتكون الأنبوبة من الأجزاء الرئيسية :

١- الفتيل : Filament

وهو سلك من مادة التنجستين، ويوصل طرفيه بمصدر كهربائى ذو جهد منخفض (مستمر - متردد) وظيفتها عندما يسخن إلى درجة التوهج تنبعث الإلكترونات من سطحه وكلما ذاد تيار الفتيلة ذاد معدل انبعاث الإلكترونات منها وبذلك تزيد شدة أشعة -X- المنبعثة.

٢- الكاثود : Cathode

وهو سطح معدنى مقعر الشكل يعمل على عكس الإلكترونات وتنظيمها على شكل شعاع بحيث تتجه إلى الأنود ويتصل الكاثود بالقطب السالب للجهد العالى وتثبت الفتيلة داخله.

٣- الأنود : Anode

اسطوانة من النحاس توصل بالطرف الموجب للجهد العالى (مستمر - متردد). ويعمل على تعجيل الإلكترونات وإعطاءها الطاقة لتصطدم بالهدف ويصنع من النحاس وذلك لأن:

١- النحاس جيد التوصيل للكهرباء.

٢- جيد التوصيل للحرارة التى تنتقل من الهدف إلى الريش (العوارض) للتبريد.

٤- الهدف: Target

هو عبارة عن كتلة صغيرة من فلز مثل التنجستين أو الومنيوم وذلك لأن:

١- درجة إنصهاره عالية حتى لا ينصهر بالحرارة الناتجة عن تصادم الإلكترونات المعجلة بالهدف لأن حوالى 99% من الطاقة على هيئة حرارة.

٢- عدده الذرى كبير حتى يكون فرق الطاقة بين المستوى الأول (والثانى أو الثالث) كبير حتى تكون طاقة الأشعة الناتجة كبير للطيف المميز.

الطريقة:

١- عند تسخين الفتيلة تنبعث منها الالكترونات.

٢- تحت تأثير فرق جهد عال (المجال الكهربى) يصل إلى عدة آلاف من الفولتات تكتسب الالكترونات طاقة حركة كبيرة جدا يتوقف مقدارها على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف.

٣- عندما تصطدم الالكترونات يتحول جزء من طاقتها أو كلها إلى أشعة إكس كما بالشكل حسب كفاءة الأنبوبة.

٤- تبريد الهدف يتم عن طريق: ١- عوارض تبريد تشع الحرارة خارج ....

٢- إمرار زيت بارد وخروجه فى أنبوبة.

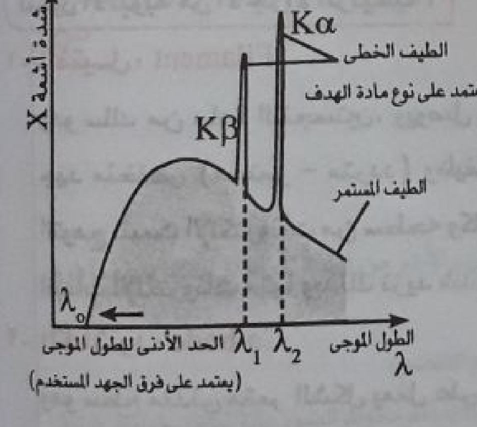
٣- مصعد دوار يدور يوزع الحرارة.

طيف الأشعة السينية:

بتحليل حزمة من الأشعة السينية الصادرة من هدف ما إلى مكوناتها من الأطول الموجية المختلفة نحصل على طيف يتكون من مركبتين وهما:

(أ) الطيف الخطى المميز Line Spectrum: (الشديد)

ينتج الطيف الخطى إذا اصطدم الإلكترون المتسارع بأحد الالكترونات القريبة من النواة فى مادة الهدف حيث يكتسب الأخير كمية كبيرة من الطاقة فيقفز إلى مستوى طاقة أعلى أو يغادر الذرة.



ويحل محله الكترون آخر من أحد المستويات الخارجية ذات الطاقة الأعلى ليملأ هذا الفراغ فى مستوى الطاقة الداخلى ويظهر الفرق بين طاقة المستويين على شكل إشعاع له طول موجى محدد يحسب من العلاقة.

$$\Delta E = E_{خارجى} - E_{داخلى} = h\nu = \frac{hC}{\lambda}$$

يلاحظ أن:

١- الطول الموجى للأشعة المميزة لا يتوقف على فرق الجهد المستخدم ولكن يتوقف على نوع العنصر فكلما زاد العدد الذرى للعنصر (مادة الهدف) نقص الطول الموجى للإشعاع المميز.

٢- عند فروق الجهود المنخفضة قد لا تظهر الأشعة المميزة لأنه يشترط جهد عالى لنزع الإلكترون من المستوى الأول لمادة الهدف.

معلومة إثرائية

٣- الخط Kα ينتج عن هبوط إلكترون من المستوى الثانى (L) إلى الأول K، الخط K_β ينتج عن هبوط الإلكترون من المستوى M الثالث إلى الأول واحتمال ذلك أقل وطاقته أكبر وطوله الموجى أقل وهذا تفسير الخطان المميزان وقد يوجد خط ثالث ولكنه نادر.

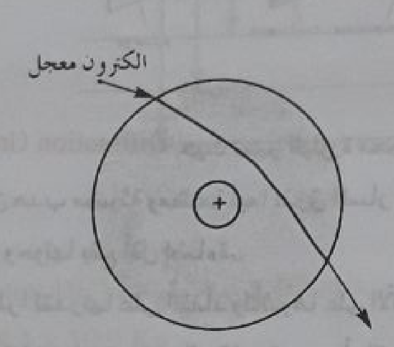
(ب) الطيف المستمر أو المتصل (اللين) أو شعاع الفرملة (الكابح)

ينتج عن دخول الإلكترون المعجل مجال الذرة الكهربى حيث تدور الإلكترونات حول النواة تعمل مجال كهربى سالب (السحابة الإلكترونية) فيتأثر الإليكترون وتقل طاقته وسرعته ويقترب من النواه التى تجذبه ويسير فى مسار منحنى كما بالشكل ويحدث ما تسمى الفرملة وقد يفقد الإلكترون كل طاقته فى أول ذرة وحسب نظرية ماكسويل - هرتز تصدر الذرة الطاقة

المفقودة على هيئة إشعاع- X - وتكون أقل طول موجى حسب العلاقة

$$e.V = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

وقد يفقد الإلكترونات طاقته على مراحل فى أكثر من ذرة وبذلك ينتج الطيف المستمر يحتوى على أطوال موجية مختلفة وينتهى عند طول موجى معين ويسير الإلكترون داخل الذرة فى مسار منحنى جهة النواه كما بالشكل:



لاحظ الشكل البيانى تزيد الشدة بزيادة فرق الجهد

$$e.V = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

حيث (e) شحنة الالكترون ، (V) فرق الجهد الذى يعمل على الأنبوبة

ومنها

$$\lambda = \frac{h.C}{e.V} \qquad \therefore \lambda \propto \frac{1}{V}$$

ويكون أقل طول موجى متصل يعتمد فقط على فرق الجهد وليس على مادة الهدف.

وتزيد قوة تفاديه الأشعة بزيادة ترددها ويتم ذلك بزيادة فرق الجهد المستخدم فيزيد (ν) التردد ويزيد النفاذية.

س١: كيف تزيد نفاذية أشعة أكس؟

ج١: وذلك بزيادة التردد - فتزيد المقدرة على النفاذ فى المواد والقدرة على التأين.

س٢: كيف تزيد شدة أشعة إكس:

١- زيادة تيار الفتيلة تسخن أكثر وتشع إلكترونات أكثر فيزيد معدل تصادمها لهدف فيزيد عدد الفوتونات المنبعثة من الهدف أى تزيد الشدة

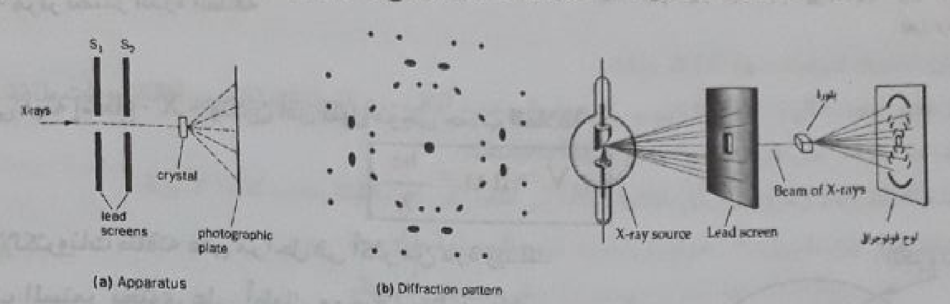
٢- زيادة فرق الجهد أو العدد الذرى للهدف فتزيد الطاقة فتزيد الشدة

لأن الشدة = $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}} = \frac{h\nu.\phi_L}{A}$ وات/متر مربع

التطبيقات الهامة للأشعة السينية :

١ - من خصائص الأشعة السينية أنها قابلة للحيود عند مرورها فى البلورات. ولذلك تستخدم فى دراسة التركيب البلورى للمواد حيث تترتب ذراتها فى مستويات بينها مسافات منتظمة ولذلك تسقط أشعة سينية أحادية الطول الموجى كما بالشكل على بلورة رقيقة من كبريتيد

الزنك أو الملح الصخرى وتمر خلالها إلى لوح حساس حيث يحدث تداخل بين الموجات التى تنفذ من بين الذرات كما لو كانت فتحات عديدة مثلما يحدث فى التداخل فى الشق المزدوج وهو يشبه بذلك ما يسمى محزوز الحيود.



Diffraction Grating حيث تعتبر البلورة محزوز حيود طبيعى لترتيب الذرات فى مستويات.

وتتكون هدب مضيئة ومظلمة تبعا لفرق المسار بين الموجات المتداخلة وتظهر على اللوح الفوتوغرافى بقع مضيئة قوية فى المركز وحولها بقع أقل إضاءة.

٢ - نظرا لقدرتها على النفاذ وتأثيرها على الألواح الفوتوغرافية الحساسة لذا تستخدم فى تصوير العظام وتحديد أماكن الكسور والشروخ كما بالشكل.

٣- العلاج بالأشعة السينية حيث تستخدم الأشعة السينية فى تدمير الخلايا السرطانية.

٤- تستخدم فى تحديد أماكن الشروخ أو العيوب الداخلية فى الأجزاء المعدنية فى الصناعات الدقيقة.

مقارنة بين الطيف الخطى المميز والطيف المستمر لأشعة اكس :

الطيف الخطى (المميز)	الطيف المستمر
١- يتولد من اصطدام الكترون منبعث من فتيلة الأنبوبة بالكترون فى أحد مستويات الطاقة القريبة من النواة.	ينشأ من تأثير المجال الكهربى لذرات الهدف على الالكترون المنبعث من الفتيلة حيث تقل سرعته (شعاع الفرملة)
٢- يحتوى على خطوط طيفية مميزة لمادة الهدف.	لا تحتوى على أى خطوط طيفية مميزة لمادة الهدف.
٣- لا تنتهى عند طول موجى معين.	تنتهى عند طول موجى معين.
٤- لا يتوقف الطول الموجى على فرق الجهد بين قطبى الأنبوبة.	يقل الطول الموجى بزيادة فرق الجهد بين قطبى الأنبوبة $\{ \lambda \propto \frac{1}{Ve} \}$

العلاقة بين عدد مستويات الطاقة الممكنة لذرة مثارة التى يمكن أن ينقل إليها الإلكترون وعدد خطوط الطيف التى يمكن أن تنبعث هى:

عدد المستويات	2	3	4	5	6	7
عدد الأطياف	1	3	6	10	15	21

ونحسب عدد الأطياف من العلاقة = $\frac{n^2-n}{2}$ أو بالرسم كما فى الشكل



أمثلة

اعتبر أن

$h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s , $C = 3 \times 10^8$ m/s

$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg

مثال ١:

إذا تعرض قطبا أنبوبة توليد الأشعة السينية لفرق جهد مقداره (10^5 فولت) فاحسب مقدار كل من (أ) طاقة حركة الالكترونات المصطدمة بالهدف (ب) النهاية الصغرى للطول الموجى للأشعة السينية المتولدة.



الحل:

$\because \frac{1}{2} m V^2 = e.v \qquad \therefore \frac{1}{2} m V^2 = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^5 = 1.6 \times 10^{-14}$ Joule

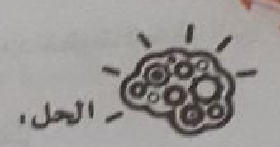
$\lambda = \frac{h.C}{e.v} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10.2 \times 10^{-19} \times 10^5} = 1.24 \times 10^{-11}$ m $= 0.124 A^\circ$

مثال٢:

اصطدم الالكترون المعجل بالكترون داخل ذرة مادة الهدف وأخرجه من الذرة وعندئذ هبط الكترون من مستوى خارجى إلى المكان الخالى فى المستوى الداخلى بحيث كان فرق الطاقة بين المستويين.

$(\Delta E = 24.843 \times 10^3$ ev)

احسب الطول الموجى للأشعة السينية المميزة التى تنبعث من ذرة الهدف.



الحل:

$$\because \Delta E = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{24.843 \times 10^{3} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{-11}\ m = 0.5 A^{o}$$

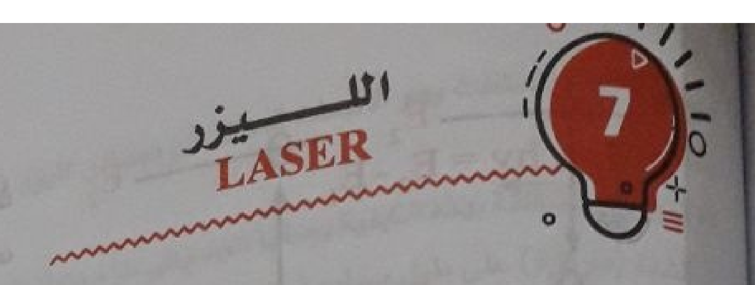
معلومة إثرائية

هل تعمل انبوبة كولدج بجهد عالى متردد ؟

الجواب: طبعا تعمل بجهد متردد عالى او مستمر وكذلك الفتيلة تشحن بجهد متردد او مستمر.

التعليلات الهامة

الحقيقة العلمية	التعليل
١- معظم حجم الذرة فراغ.	- لأن حجم النواة صغير وتتركز فيها الكتلة وهو حجم صغير بالنسبة لحجم الذرة نفسها.
٢- تعتبر مجموعة ليمان لطيف ذرة الهيدروجين أصغر طول موجى وأعلى تردد.	- وذلك لأنها تنتج عن عودة الإلكترونات من مستويات عليا إلى المستوى الأول وفرق الطاقة كبير لذلك يكون التردد عالى والطول الموجى صغير فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية.
٣- ظهور خطوط فرنهوفر فى طيف الشمس.	- لأن الطيف المنبعث من الشمس يكون متصل به كل الأطوال الموجية وعندما يقابل الغلاف الخارجى للشمس يمتص كل عنصر الطيف الخاص به فيظهر خطوط سوداء.
٤- انبعاث الأشعة السينية هى عملية عكسية للظاهرة الكهروضوئية.	- لأن الظاهرة الكهروضوئية إنبعاث إلكترون بتأثير فوتون ساقط له تردد عالى والأشعة السينية موجات كهرومغناطيسية تنبعث نتيجة سقوط إلكترونات معجلة على الهدف.
٥- لا يصدر الطيف الخطى من المادة إلا إذا كانت فى صورة ذرات منفصلة أو فى الحالة الغازية تحت ضغط منخفض.	- لأنها فى هذه الحالة عندما تكتسب طاقة تثار الذرات بينما فى الحالة الصلبة أو السائلة عندما تعطى طاقة فإن الطاقة تعمل على تفكك الذرات من المادة ولا تعطى الطاقة للإلكترونات فلا تثار الإلكترونات ولا تتذبذب بين المستويات حتى تشع الطيف.
٦- يعتمد الطول الموجى للطيف المميز لأشعة -X- على نوع مادة الهدف وليس فرق الجهد.	- وذلك لأنه ناتج عن عودة الإلكترون من مستوى أعلى إلى أقل بعد خروج الإلكترون من المستوى القريب من النواة فيكون طاقة الإشعاع الفرق بين المستويات وهذا يتوقف على نوع مادة الهدف. $\Delta E = E_2 - E_1 = h\upsilon$



مقدمة

منذ أن تم اكتشاف أشعة الليزر فى عام 1960 بواسطة العالم ميمان Maiman حيث تمكن من صناعة أول ليزر بواسطة بللورة من الياقوت Ruby المطعم بالكروم وبعده بشهور أمكن تركيب الليزر الغازى (He - Ne) وأصبح الآن استخدام الليزر وتطبيقاته فى كل أفرع العلوم التطبيقية كالطب والهندسة والاتصالات ولعل الوصول إلى الفيمتو ثانية فى حركة الجزيئات باستخدام الليزر فى أبحاث العالم صاحب جائزة نوبل د. أحمد زويل خير دليل على أهمية الليزر.

معنى كلمة ليزر:

هى الحروف الأولى من عبارة باللغة الإنجليزية هى:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

ومعناها تضخيم (أو تكبير) شدة الضوء بواسطة الانبعاث المستحث.

> **معلومة إثرائية**
>
> **أول من اكتشف هو الميزر وهو تضخيم موجات ميكرومترية**

الإنبعاث التلقائى والإنبعاث المستحث

أولاً: الإنبعاث التلقائى Spontaneous Emission

١- تتحرك الالكترونات حول نواة الذرة فى مستويات تسمى مستويات الطاقة، أدناها هو المستوى الأرضى Grond state وهو المستوى الذى تتواجد فيه الذرة فى حالتها العادية.

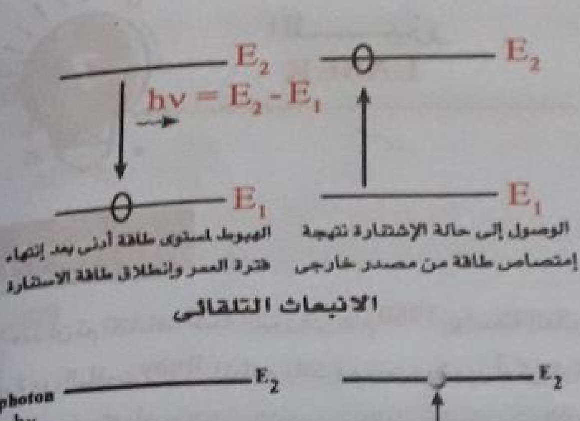
٢- فإذا اعتبرنا أن رمز طاقة المستوى الأرضى (E_1) فإن طاقة المستويات التى تليه يرمز لها E_2 ، E_3 ، E_4 ....

٣- تسمى هذه المستويات مستويات إثارة الذرة Excited States وإذا تواجدت الذرة فى أحد هذه المستويات تكون ذرة مثارة Excited Atom

٤- عند قذف ذرة فى حالتها العادية بفوتون أى سقوط فوتون عليها طاقته ($E_2 - E_1$) فإن الذرة تمتص هذا القدر من الطاقة وتنتقل من المستوى الأرضى إلى مستوى الإثارة الأول الذى تبلغ طاقته (E_2).

٥- وبعد فترة وجيزة تسمى فترة العمر Lifetime ومدتها حوالى ($10^{-8}s$) تتخلص الذرة من طاقة الإثارة باشعاعها على شكل فوتون وتعود الذرة إلى حالتها العادية ويسمى هذا «الاشعاع التلقائى» Spontaneous Emission. وهو الاشعاع السائد فى مصادر الضوء العادية.

٦- الفوتون المنبعث يكون له نفس تردد الفوتون الأصلى مسبب الإثارة ولكنه يختلف عنه فى الطور والاتجاه (حيث يكون الطور والاتجاه عشوائيان) كما بالشكل.



الانبعاث التلقائى

photon hν E_2 E_1 امتصاص ①

E_2 E_1 إثارة ②

E_2 E_1 فترة العمر ③

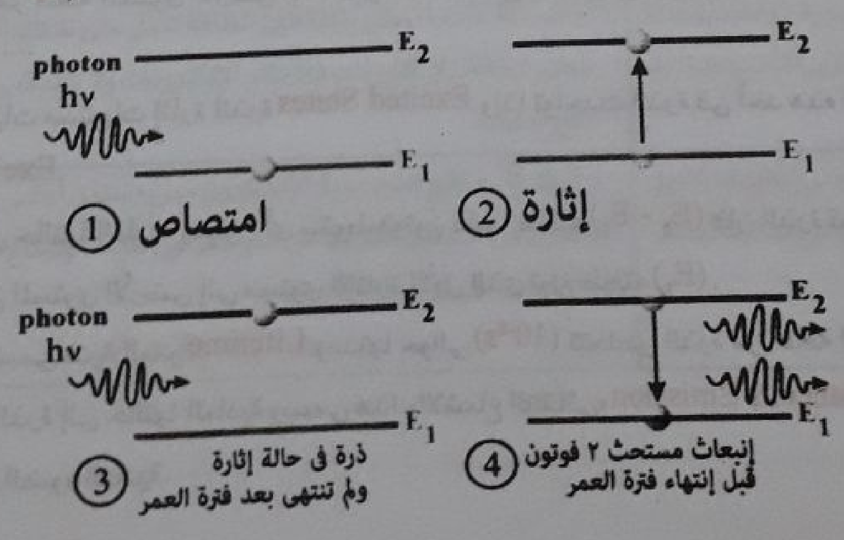
E_2 photon E_1 إنبعاث تلقائى ④

ثانيًا : الإنبعاث المستحث Stimulated Emission

فى سنة ١٩١٧ أثبت أينشتين أنه:

١- إذا سقط فوتون طاقته $(E_2 - E_1)$ على ذرة مثار بالفعل وموجودة فى مستوى الإثارة (E_2) قبل إنتهاء فترة العمر، فإن هذا الفوتون يدفع الذرة إلى أن تشع طاقة إثارتها على شكل فوتون آخر له نفس تردد واتجاه وطور الفوتون الساقط وتعود الذرة إلى المستوى الأرضى كما بالشكل.

٢- ونلاحظ من ذلك أنه فى حالة الإشعاع المستحث يوجد فوتونان الأصلى والمستحث لهما نفس التردد (الطاقة) ويتحركان معا بنفس الطور وفى نفس الاتجاه حيث تكون طاقة كل منهما متساوية. والفوتون المستحث له طاقة ناتجة عن هبوط الذرة المثارة ولا يعتبر ذلك ضد قانون بقاء الطاقة فلم ينتج الفوتون من العدم. $\Delta E = h\upsilon = E_2 - E_1$



ويسمى الإشعاع المستحث وهو الانبعاث السائد فى مصادر الليزر (أساس الليزر) وهو اشعاع مترابط. كما هو موضح بالشكل.

٣- الفوتونات المنطلقة بهذه الكيفية يجعلها تتجمع فى حزم متوازية وبصورة مترابطة لمسافات طويلة جدا كما أنها عالية الشدة (مركزة) على طول مسارها ولا تعانى التشتت أو الانتشار كما فى الانبعاث التلقائى وهذا أساس الليزر.

٤- إذا سقط على الذرة المثارة فوتون له نفس طاقة إثارتها يحدث الانبعاث المستحث - ولكن السؤال لماذا لا يعطى الذرة الطاقة وتثار لمستوى أعلى أو تتأين والجواب على ذلك لأن:

١- الذرة تميل إلى الاستقرار ويتم ذلك عن طريق حثها لهبوط الإلكترون حتى تعود إلى حالة الاستقرار.

٢- لا يوجد فى الذرة مستويات الفرق بينهما يساوى الفرق بين مستويين أخرين، حتى تنتقل بينهما.

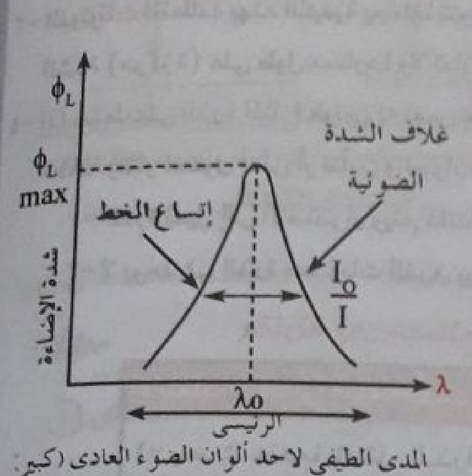
مقارنة بين خصائص الانبعاث التلقائى والانبعاث المستحث

الانبعاث التلقائى (ضوء المصباح العادى)	الانبعاث المستحث (شعاع الليزر)
١- يحدث عندما تنتقل الذرات المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه فى الطاقة. الفرق بين طاقتى المستويين يخرج على شكل فوتون تلقائيا بعد انتهاء فترة Lifetime وبدون أى مؤثر خارجى.	يحدث عندما تنتقل الذرات المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه فى الطاقة. الفرق بين طاقتى المستويين (ΔE) يخرج على شكل فوتون بتأثير سقوط فوتونات أخرى خارجية وذلك قبل انتهاء فترة العمر.
٢- الفوتونات المنبعثة تغطى مدى طيفيا كبيرا من الأطوال الموجية للطيف الكهرومغناطيسى (فوتونات غير متجانسة).	الفوتونات المنبعثة جميعها لها طول موجى واحد فقط (متجانسة) Monochromatic
٣- تتحرك الفوتونات بعد انبعاثها بصورة عشوائية (فى جميع الاتجاهات).	تتحرك الفوتونات بعد انطلاقها بنفس الطور وفى اتجاه واحد (مترابطة) على شكل أشعة متوازية Coherent, Collimated
٤- لا تحتفظ بتركيزها أثناء الانتشار Spreading حيث تتناسب شدة الإشعاع عكسيا مع مربع المسافة التى تقطعها (قانون التربيع ألعكس).	تظل شدة شعاع الليزر ثابتة لمسافات طويلة (ولا تخضع لقانون التربيع العكسى) وذلك دون تشتت Scattering أو انتشار Spreading على الرغم من طول المسافة المقطوعة.
٥- يعتبر هذا الانبعاث هو السائد فى مصادر الضوء العادية.	يعتبر الانبعاث السائد فى مصادر الليزر (أساس الليزر).
E_2 مستحث E_1	E_2 فوتون ساقط طاقته

خصائص أشعة الليزر

١ - النقاء الطيفى Monochromaticity

الخط الطيفى لعنصر: هو خط أو عدة خطوط لها أطوال موجية محددة تقع فى منطقة الضوء المنظور أو غير المنظور (وهى خاصية تميز العنصر وهذه الخطوط لا تعتبر وحيدة الطول الموجى ولكنها فى الحقيقة مكونة عدة أطوال موجية حول الطول الموجى الرئيسى ومتقاربة ويكون إتساع الخط الطيفى كبير.

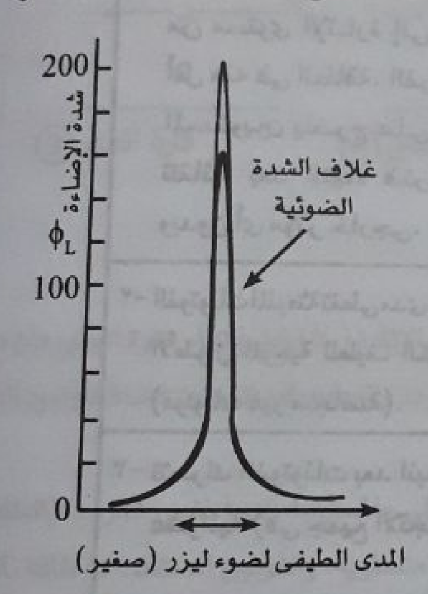


المدى الطيفى لاحد ألوان الضوء العادى (كبير)

ويظهر ذلك فى خطوط الطيف الضوئى فى مصادر الضوء العادية وتتفاوت فى شدتها من طول موجى لآخر كما بالشكل أما مصادر الليزر فهى تنتج خطا طيفيا واحدا فقط له مدى ضئيل جدا من الأطوال الموجية وتتركز الشدة عند الطول الموجى الرئيسى أى أنه يعتبر ضوء أحادى الطول الموجى .Monochromaticlight (كما بالشكل)

ويكون إتساع الخط الطيفى أقل ما يمكن.

معنى ذلك إذا سقط شعاع ليزر على منشور فإنه ينحرف دون أن يتحلل.

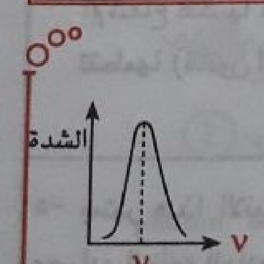


المدى الطيفى لضوء ليزر (صغير)

• تعريف النقاء الطيفى:

هو أن يكون اتساع الخط الطبقى أقل ما يمكن وأن الفوتونات لها طول موجى واحد تقريبًا.

معلومة إثرائية



١- العلاقة الموضحة بين شدة الإشعاع والطول الموجى وإتساع الخط الطيفى والأدق أن تكون بين الشدة الضوئية والتردد وهذا حسب رأى العلماء لأن التردد هو الثابت للموجة أما الطول الموجى والسرعة يختلفان حسب الوسط.

٢- كل خط طيفى يحده غلاف الشدة الضوئية ويعتبر إتساع غلاف الشدة الضوئية عند قيمته تساوى نصف الشدة العظمى مقياسا للنقاء الطيفى وكلما قل الإتساع زاد النقاء الطبقى.

خط الطيف المثالى يحتوى على طول موجى واحد وهو فى الواقع غير موجود وحتى يمكن رؤية خط الطيف أو تسجيل أن يكون له إتساع طيفى.

٢- توازى الحزمة الضوئية Collimation

الحزمة الضوئية الصادرة من المصادر الضوئية العادية تعانى من التشتت Scattering لذلك يزداد قطر الحزمة الضوئية العادية كلما بعدنا عن مصدر الضوء أما شعاع الليزر فهو حزمه رقيقة جدا وتكون زاوية انفراجها صغيرة جدا لذلك يظل قطر الحزمة ثابتا أثناء الانتشار لمسافات طويلة وبذلك تتحرك حزمة أشعة الليزر فى خطوط مستقيمة متوازية ولا تعانى من تشتت يذكر ، فتتمكن بذلك من نقل الطاقة الضوئية لمسافات طويلة دون فقط ملحوظ. (كما بالشكل) وبذلك لا تخضع لقانون التربيع العكس.



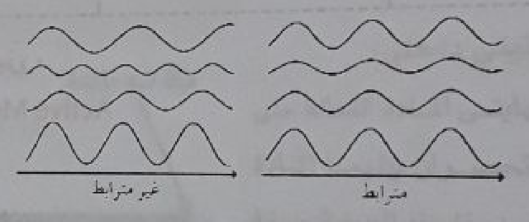
أشعة الضوء العادى تتشتت أثناء انتشارها

ليزر

أشعة الضوء الليزر تنتشر فى حزمة متوازية لمسافات طويلة

وجدير بالذكر أن شعاع الليزر لا يكون متوازى تمامًا ولكن به إنفراج بسيط وذلك بسبب حيوده من الفتحة التى يخرج منها وكلما قل إتساعها بالنسبة للطول الموجى تزيد الانفراجية.

٣- الترابط: Coherence



فى مصادر الليزر تنطلق الفوتونات بصورة مترابطة زمانيا ومكانيا حيث تنطلق من المصدر فى نفس اللحظة. وتحتفظ فيما بينها بفرق طور ثابت أثناء الانتشار لمسافات طويلة أما فى مصادر الضوء العادى تنطلق الفوتونات بصورة عشوائية غير مترابطة لذلك شعاع الليزر شائع الاستخدام لعرض تجربة الشق المزدوج لبيان التداخل باستخدام مصدرين منفصلين لليزر نفسه دون إستعمال شقين.

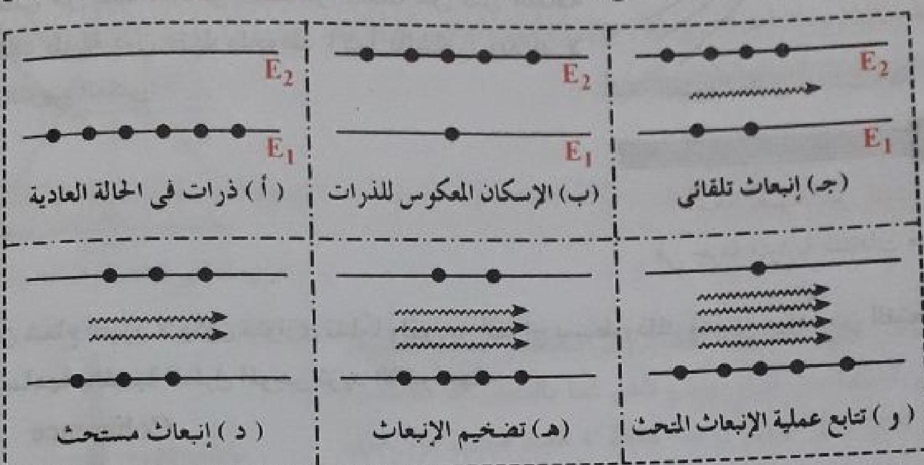
٤- الشدة: Intensity

الأشعة الضوئية المنبعثة من المصادر العادية تخضع لقانون التربيع العكسى حيث تقل الشدة الضوئية الساقطة على وحدة المساحات من السطح كلما بعد هذا السطح عن مصدر الضوء تبعا لقانون التربيع العكسى الذى ينص على أنه تتناسب شدة الضوء تناسبا عكسيا على مربع المسافة وذلك.

أما أشعة الليزر الساقطة على وحدة المساحات من السطح تحتفظ بشدة ثابتة ولا تخضع لقانون التربيع العكسى والشدة= $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$ وتقاس وات/م٢ أو كجم /ث^{٣} أن عدد الفوتاونات مركزة فى مساحة صغيرة. وذلك لأنها مركزه فى حزمه ضيقة قليلة الانفراج.

نظرية عمل الليزر:

الوصول بذرات أو جزيئات الوسط الفعال لإنتاج الليزر إلى حالة الإسكان المعكوس population Inversion وهى الحالة التى يكون فيها عدد الذرات فى مستويات الإثارة العليا أكبر من عددها فى المستويات الأدنى حتى تتهيأ الفرصة لفوتونات الانبعاث المستحث أن يتضخم عددها عند مرورها ذهابا وإيابا خلال الوسط الفعال Active Medium نتيجة الانعكاسات المتتالية بين سطحى مرآتين ، فيتم حث ذرات أخرى واقعة على مسار الشعاع وتتولد فوتونات جديدة. وهكذا يتضخم الشعاع وتحدث عملية تكبير الاشعاع بالانبعاث المستحث Stimulated Emission (كما بالشكل التالى).



العناصر الأساسية لإنتاج الليزر:

١- الوسط الفعال: Active Medium

وهو المادة الفعالة لإنتاج الليزر

أنواع الليزر من حيث المصدر وهى:

(أ) بلورات صلبة Crystalline solids مثل الياقوت الصناعى Ruby

(ب) مواد صلبة شبه موصلة Semiconductors مثل بلورات السيليكون.

(جـ) صبغات سائلة Liquid Dye مثل الصبغات العضوية المذابة فى الماء.

(د) ذرات غازية: مثل خليط غازى الهليوم والنيون أو غازات متأينة مثل غاز الأرجون المتأين أو جزيئات غازية مثل غاز ثانى أكسيد الكربون.

٢- مصادر الطاقة: Sources of Energy

وهى المسئولة عن اكساب ذرات أو أيونات الوسط الفعال الطاقة اللازمة لإثارتها لتوليد الليزر وتتم بإحدى الطرق الآتية:

(أ) الإثارة بالطاقة الكهربية: وتستخدم الطاقة الكهربية المباشرة بإحدى صورتين.

الأولى: استخدام مصادر الترددات الراديوية Radio Frequency waves

الثانية: استخدام التفريغ الكهربى Electric Discharge بفرق جهد عال مستمر.

والصورة الثانية تستخدم فى أجهزة الليزر الغازية مثل ليزر الهليوم والنيون .

(ب) الإثارة بالطاقة الضوئية: وهى عملية نقل الطاقة إلى الماد الفعالة بواسطة الضوء القوى

ويمكن أن تتم بوسيلتين مختلفتين هما:

الأولى: المصابيح الوهاجة ذات القدرة الكهربية العالية كما فى (ليزر الياقوت).

الثانية: شعاع ليزر كمصدر للطاقة (وتستخدم فى ليزر الصبغات السائلة).

(جـ) الإثارة بالطاقة الكيميائية: حيث تعطى التفاعلات الكيميائية بين المواد طاقة تؤدى إلى حث جزيئاتها على إنتاج شعاع الليزر.

(د) الإثارة بالطاقة الحرارية.

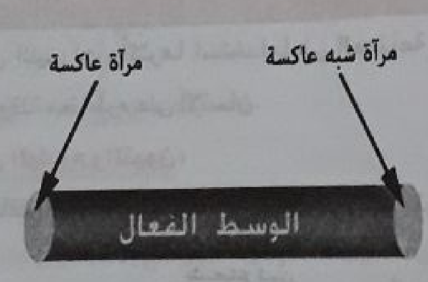
عملية الضخ: هى عملية امداد المادة الفعالة بالطاقة اللازمة لإثارتها واحداث حالة الاسكان المعكوس والطاقة التى يتم ضخها وهى إما طاقة كهربية - أو حرارية أو ضوئية أو كيميائية.

٣- التجويف الرنينى: Resonant Cavity

وهو الوعاء الذى يحدث فيه التكبير والتضخيم لشعاع الليزر وهو الوعاء الحاوى للمادة الفعالة وهو نوعان:

(أ) تجويف رنينى خارجى:

وفيه يكون الوسط الفعال فى نهايتية مرآتين متوازيتين (كما بالشكل) وتكون الإنعكاسات المتعددة بينهما هى الأساس فى عملية التضخيم أو التكبير الضوئى Amplification كما فى ليزرات الغاز.



(ب) تجويف رنينى داخلى:

وفيه يتم طلاء نهايتى المادة الفعالة حتى تعملا كمرآتين تحصران بينهما المادة الفعالة كما فى ليزر المواد الصلبة بصفة عامة مثل ليز الياقوت.

كما يراعى أن تكون إحدى المرآتين شبه منفذة (حوالى 90 %) لتسمح بمرور أشعة الليزر بعد تكبيرها والأخرى عاكسة بنسبة عالية حوال 99.5 %.

معلومة إثرائية

١- توجد أنواع من المرايا العاكسة وشبه العاكسة كما بالشكل

٢- المسافة بين المرآتين (L) تكون مناسبة لانتخاب الطول الموجى المطلوب تضخيمه تكون $L = n \times \frac{\lambda}{2}$ حيث n عدد صحيح حيث يحدث تقوية لفوتونات معينة اى يحدث رنين لذلك يسمى تجويف رنيني.

متوازية مستوية

نصف كرية

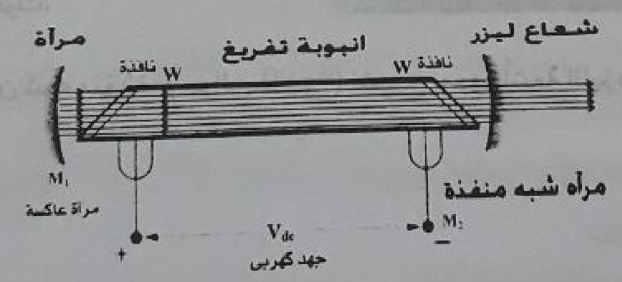
كرية

ليزر الهليوم - نيون Helium - Neon Laser

وهو أفضل الليزرات وأكثرها استخداما فى الصناعة والجراحة والتصوير المجسم وخلافه وذلك لصغر حجمه وسهولة حمله وقلة مخاطره على الإنسان.

اختيار غازى الهليوم والنيون :

لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة شبه المستقرة فى كل منهما.



تركيب جهاز ليزر الهليوم - نيون :

١- أنبوبة من زجاج الكوارتز بها خليط من غازى الهليوم والنيون بنسبة $(1:10)$ تحت ضغط منخفض حوالى (0.6 mmHg) كما بالشكل.

٢- يوجد عند نهايتى الأنبوبة مرآتان متعامدتان على محور الأنبوبة درجة العكس فى احداهما (99.5%) والأخرى شبه منفذة ودرجة عكسها بنسبة 90%

٣- مجال كهربى عالى التردد يغذى الأنبوبة من الخارج لإثارة ذرات الهليوم والنيون أو فرق جهد عالى مستمر يسلط على الغاز داخل الانبوبة لإحداث تفريغ كهربى Electric Discharge

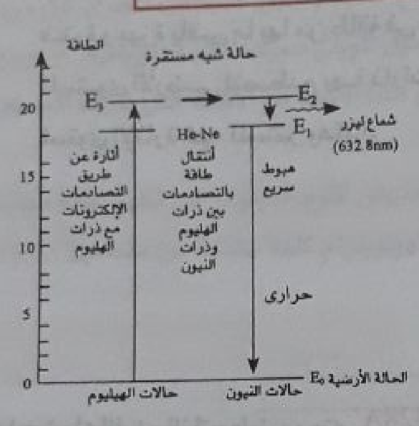
عمل الجهاز للحصول على شعاع الليزر:

١- تثار ذرات الهليوم إلى مستويات الطاقة العليا بفعل فرق الجهد الكهربى داخل الأنبوبة.
تصادم ذرات الهليوم بالإلكترونات الطليقة التى تتسارع بين المهبط والمصعد تنقل الطاقة بالتصادم إلى الهليوم تنتقل إلى مستوى شبه مستقر التى تساوى طاقة مستوى شبه مستقر للنيون.

٢- تصطدم ذرات الهليوم المثارة بذرات نيون غير المثارة تصادما غير مرن فتنطلق الطاقة من ذرات الهليوم المثارة إلى ذرات النيون نتيجة تقارب قيم طاقة مستويات الإثارة بين الذرتين فتثار ذرات النيون.

معلومة إثرائية
يمكن ان ينتج الليزر بإستخدام نيون فقط بدون هليوم ولكن الكفاءة = 0.1 % ومع الهليوم تصبح الكفاءة 10 %

٣- يحدث تراكم لذرات النيون المثارة فى مستوى طاقة يتميز بفترة عمر طويلة نسبيا حوالى $(10^{-3}s)$ ويسمى هذا المستوى بالمستوى شبه المستقر Metastable State وبذلك يتحقق وضع الإسكان المعكوس population Inversion. فى غاز النيون وهو شرط الحصول على الليزر (كما بالشكل).



رسم مبسط لمخطط مستويات الطاقة فى ليزر الهليوم .. نيون

٤- تهبط أول مجموعة من ذرات تم إثارتها هبوطا تلقائيا إلى مستوى طاقة إثارة أقل وتشع بذلك فوتونات لها طاقة تعادل الفرق بين طاقتى المستويين وهذه الفوتونات تنتشر عشوائيا فى جميع الإتجاهات داخل الأنبوبة.

٥- مجموعة الفوتونات التى تتحرك فى اتجاه محور الأنبوبة تصادف فى طريقها إحدى المرآتين العاكستين فترتد بذلك مرة أخرى داخل الأنبوبة ولا تستطيع الخروج. (كما بالشكل)

٦- أثناء حركة الفوتونات بين المرآتين داخل الأنبوبة تصطدم ببعض ذرات النيون فى مستوى الإثارة شبه المستقر والتى لم تنته فترة العمر لها فتحثها على إطلاق فوتونات لها نفس طاقة واتجاه الفوتونات المصطدمة بها فيتضاعف بذلك عدد الفوتونات المتحركة داخل الأنبوبة بين المرآتين.

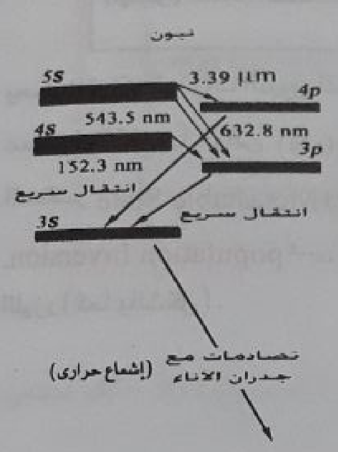
٧- تتكر الخطوة السابقة مرة أخرى ولكن بالعدد الجديد من الفوتونات المتحركة بين المرآتين. فيتضاعف هذا العدد مرة أخرى وهكذا حتى تتم عملية تضخيم الإشعاع.

٨- عندما تصل شدة الإشعاع داخل الأنبوبة إلى حد معين يخرج جزء منه خلال المرآة شبه المنفذة فى صورة شعاع ليزر ويبقى باقى الإشعاع داخل الأنبوبة لتستمر عملية الانبعاث المستحث وانتاج الليزر.

ملحوظة :

ذرات الهيليوم المثارة فى ليزر الهيليوم نيون لا تفقد طاقة إثرتها تلقائيًا وتعود إلى المستوى الأرضى ولكن تفقد طاقتها فقط بالتصادم مع ذرات النيون غير المثارة.

٩- بالنسبة لذرات النيون التى هبطت إلى المستوى الأقل فإنها تفقد بعد فترة وجيزة باقى ما بها من طاقة فى صورة طاقة حرارية وتهبط إلى المستوى الأرضى لتصطدم بها ذارات هليوم أخرى وتمدها بالطاقة لمستوى الإثارة شبه المستقر وهكذا.



١٠- شعاع الليزر الناتج طول موجته $6328 A^{\circ}$ أنجستروم وهو ناتج عن هبوط من المستوى الفرعى 5S إلى 3P وهو الذى يتضخم فقط دون غيره.

١١- بالنسبة لذرات الهليوم التى فقدت طاقتها بالتصادم مع ذرات النيون وعادت إلى المستوى الأرضى فإنها تعود وتثار مرة أخرى بفعل التفريغ والكهربى داخل الأنبوبة وهكذا.

تطبيقات على الليزر:

الصفات الثلاثة لأشعة الليزر هى الاتفاق فى (التردد والاتجاه والطور) وذلك يؤدى إلى خصائص ضوئية عالية من أهمها الشدة العالية وتركيزها فى مساحة ضيقة مما جعل لها العديد من التطبيقات فى الحياة مثل الهولوجرافيا.

أولاً: الهولوجرافى (التصوير المجسم) Hologram:

يأتى مصطلح الهولوجرافيا من الأغريق ويعنى الكتابة الكاملة أو الصورة الكاملة وهى من مقطعين Holo تعنى الكامل أو المجسم graphos تعنى الكتابة أو الصورة وكان جابور أول من أسس الهولوجرافيا وحصل على جائزة نوبل عام ١٩٧١ عن ذلك ولكنه وضع الفكرة عام ١٩٤٨.

١- من المعلوم أن صور الأجسام تتكون بتجميع الأشعة الضوئية المنعكسة عن الجسم المضاء والتى تحمل المعلومات منه إلى حيث تتكون الصورة (اللوح الحساس) وتظهر الصورة نتيجة الإختلاف فى الشدة الضوئية لهذه الأشعة من نقطة إلى أخرى وبذلك تظهر على اللوح الفوتوغرافى المعتاد الاختلاف فى الشدة الضوئية فقط وهو ما يكون الصورة

المستوية Plane Image وبذلك تظهر الصورة جزء من المعلومات فقط.

٢- ونظرا لوجود تضاريس على سطح الجسم فيوجد اختلاف فى طول المسار للأشعة التى تترك الجسم عند وصولها للوح الفوتوغرافى وبذلك هناك اختلاف فى طور الضوء يساوى

الاثبات: فرق الطور $\Delta\theta$، فرق المسار ΔX

$$\because \Delta\theta = \omega\Delta t = 2\pi\nu.\Delta t = 2\pi\nu.\frac{\Delta X}{V} = 2\pi\nu.\frac{\Delta X}{\lambda\nu}$$

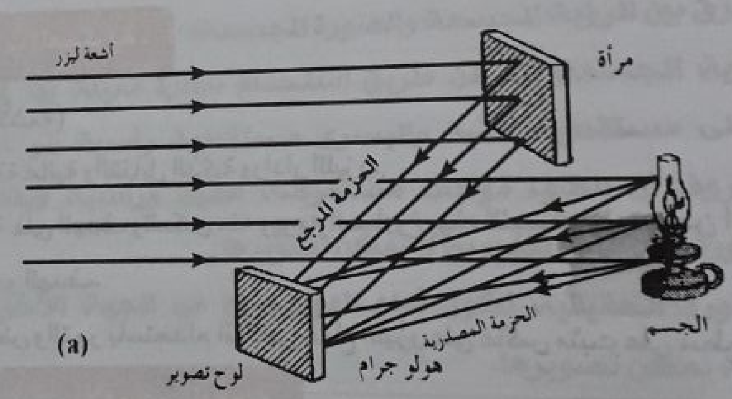
$$\Delta\theta = 2\pi.\frac{\Delta X}{\lambda}$$

أى فرق الطور = فرق المسار $x \frac{2\pi}{\lambda}$

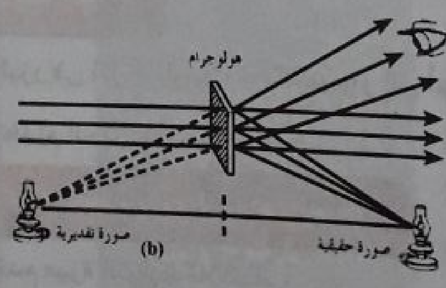
كما أن هناك اختلاف فى السعة يظهر كاختلاف فى الشدة الضوئية للأشعة المنعكسة عن أى نقطتين على الجسم وذلك لأن (الشدة الضوئية تتناسب طرديا مع مربع السعة).

٣- وللحصول على ما فقد من معلومات واستخراجها من الأشعة كان اقتراح العالم (جابور Gabor) المجرى أول من وضع اسس التصوير المجسم أنه يستخدم لذلك أشعة أخرى لها نفس الطول الموجى سميت الأشعة المرجعية Reference Beam وهى حزمة من الأشعة المتوازية منعكسة من مرآة، تلتقى هذه الأشعة مع الأشعة التى تترك الجسم المضاء حاملة المعلومات ويتم اللقاء عند اللوح الفوتوغرافى.

٤- تحدث نتيجة لذلك ظاهرة التداخل الضوئى بين حزمتى الأشعة وبعد تحميض اللوح الفوتوغرافى تظهر عليه هدب التداخل الناتجة وهى صورة مشفرة تسمى الهولوجرام Hologram والهولوجرام كلمة مشتقة من مقطعين Holo يعنى الكامل Gramma تعنى الرسالة أى الرسالة الكاملة.



تعريف الهولوجرام: هو لوح حساس فوتوغرافى تتكون عليه الصورة المشفرة نتيجة تداخل الأشعة المرجعية مع الأشعة المنعكسة من الجسم.



والمرحلة الثانية هى إعادة تكوين الصورة وتتم بانارة الهولوجرام بأشعة الليزر التى لها نفس الطول الموجى لشعاع الليزر المستخدم فى التسجيل على الهولوجرام والنظر إليه من الجهة الأخرى نرى خلفه وأمامه صورتان متطابقتان للجسم تماما احداهما تقديرية وهى تكون صورة فى أبعادها الثلاثة أى مجسمة عند تغير زاوية الرؤية ويمكن رؤيتها بالعين والثانية

حقيقية يمكن تسجيلها وطبع نسخ منها وتتكون الصورتان من حيود موجات أشعة الليزر على الهولوجرام ويمكن النظر إليه من أكثر من جانب لذلك سميت هذه التقنية التصوير المجسم والصورة الحقيقية والتقديرية على أبعاد متساوية من الهولوجرام.

ثانيًا : فى الطب :

تستخدم ميزة الشدة العالية لأشعة الليزر لعلاج الانفصال الشبكى.

أحيانا تصاب العين بأنفصال بعض أجزاء الشبكية وتفقد الأجزاء المصابة بالانفصال وظيفتها ومالم يتم علاجها بسرعة قد تتعرض إلى انفصال تام للشبكية وتفقد العين قدرتها على الإبصار.

وأشعة الليزر التى تستخدم الآن لهذا الغرض وفرت كلا من الوقت والجهد حيث تتم عملية الإلتحام فى أجزاء صغيرة من الثانية بتصويب حزمة رفيعة من أشعة الليزر خلال إنسان العين إلى الجزء المصاب بالانفصال وتعمل الطاقة الحرارية لأشعة الليزر على إتمام عملية الإلتحام وبذلك تتم حماية العين من التعرض لفقد الإبصار.

ثالثًا : فى الاتصالات :

حيث تستخدم أشعة الليزر والألياف الضوئية فى الاتصالات كبديل لكابلات التليفونات.

رابعًا : فى الصناعة وعلى الأخص الصناعات الدقيقة :

(تستخدم ميزة الشدة)

خامسًا : فى المجالات العسكرية :

(تستخدم ميزة توازى الأشعة)

مثل توجيه الصواريخ بدقة عالية والقنابل الذكية ورادار الليزر.

وفكرته تسقط الأشعة على الهدف وتنعكس منه ويوجه الصاروخ بهذه النبضات المرتدة من الهدف أى يوجه بالشعاع المنعكس فيأخذ مساره نحو الهدف.

تقدر المسافة بين الأرض والقمر باستخدام انعكاس شعاع الليزر على عاكس مثبت على سطح القمر.

سادسًا : فى التسجيل فى الأقراص المدمجة :

(أقراص الليزر CDs) (تستخدم ميزة الشدة)

سابعًا : طابعة الليزر :

يستخدم شعاع ليزر فى نقل المعلومات من الكمبيوتر إلى أسطوانة (Drum) عليها مادة حساسة للضوء ثم يتم الطبع على الورق باستخدام الحبر (Toner)

ثامنًا : الإبهار الضوئى فى العروض الفنية :

والتصوير تستخدم ميزة الترابط للأشعة.

تاسعاً: فى أعمال المساحة Surveying

لتحديد المساحات والأبعاد بدقة لأنها متوازية.

عاشراً: فى أبحاث الفضاء: لتقدير المسافات الفلكية

معلومة إثرائية

مقارنة بين ليزر الهليوم نيون - ليزر الياقوت

ليزر الهليوم - نيون	ليزر الياقوت
١ - الطيف متصل.	الطيف ومضى.
٢- التجويف الرنينى خارجي.	التجويف الرنينى داخلى.
٣- الضخ كهربى.	الضخ ضوئى فقط.
٤- نظام رباعى مناسيب الطاقة.	نظام ثلاثى مناسيب الطاقة.
٥- $\lambda = 632.8\ nm$.	$\lambda = 694.3\ nm$.

معلومة إثرائية

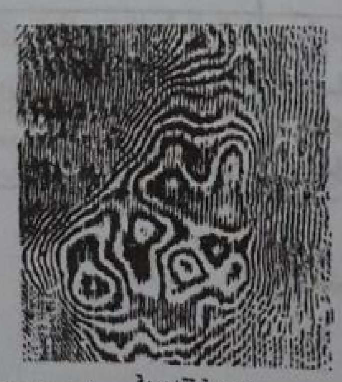
هناك فرق بين الرؤية المجسمة والصورة المجسمة:

الرؤية المجسمة تتم عن طريق استخدام نظارة معينة بها عدستان اليمنى مستقطبة أفقية واليسرى مستقطبة راسية (أو العكس) والمعروف أن الضوء موجات مستعرضة أفقية وراسية وبذلك ترى الصورة مجسمة تقديرية لا يمكن تصويرها.

أما الصورة الحقيقية تكون أمام الهولوجرام فى الجهة الأخرى وهى مستوية يمكن تصويرها.

معلومة إثرائية

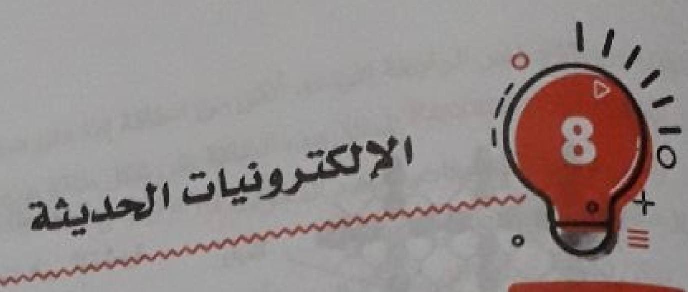
تزايدت كفاءة الهولوجرافيا كإسلوب شفرة وتخزين معلومات ويمكن تخزين عشرات الصور على الهولوجرام الواحد. ويمتاز الهولوجرام بان أى جزء منه يكفى لحصول على الصورة كاملا فإذا تلف أو كسر جزء منه يمكن ان يعطى نفس الصورة ولكن بكفاءة اقل نسبيا حيث تخزن المعلومات على كل نقطة فى الهولوجرام.



(الصورة المشفرة) صورة تقديرية مجسمة

التعليلات الهامة

الحقيقة العلمية	التعليل
١- يستخدم غاز الهيليوم مع النيون فى الليزر الغازى دون غيرهما من الغازات.	- وذلك لتقارب طاقة المستويات شبه المستقرة فى كل من غاز الهليوم والنيون.
٢- شعاع الليزر لايخضع لقانون التربيع العكسى.	- لأن فوتوناته متوازية ويحتفظ بشدته ثابته لمسافات طويلة وإنفراجه صغير جدًا.
٣- وجود مرآة عاكسة وتصف شفافة فى جهاز الليزر.	- وذلك حتى تعكس الشعاع عدة مرات فيزيد طول المسار وبذلك يحث أكبر عدد من الذرات المثارة فى الإسكان المعكوس وبذلك يتضخم الشعاع.
٤- يعتبر ليزر هلوم نيون مثالا لتحويل الطاقة الكهربية إلى ضوئية وحرارية.	- وذلك لأنه يعطى الجهاز طاقة كهربية للتشغيل وينتج شعاع ليزر ضوئى وحرارة ناتجة عن هبوط الذرات المثارة من مستويات عليا إلى سفلى.
٥- يستخدم شعاع الليزر فى تجربة الشق المزدوج لبيان التداخل.	- وذلك لأن شرط التداخل فى الشق المزدوج وجود مصادر مترابطة وشعاع الليزر مصدر مترابط نقى (أى فوتون لها نفس التردد والسعة ومتفقة فى الطور)
٦- شعاع الليزر أكثر شدة وترابط وتركيز.	- أن أشعة الليزر تنطلق فى نفس لحظة فتحتفظ بفرق طور ثابت أثناء الأنتشار لمسافات طويلة وتكون مترابطة زمانيا ومكانيا.
٧- تستخدم أشعة الليزر فى علاج الأنفصال الشبكى.	- لأن الطاقة الحرارية الناتجة عن شعاع الليزر تعمل على تمام التحام الشبكية بالطبقة التى تحتها وهى المشيمة.
٨- تستخدم أشعة الليزر فى توجيه الصواريخ فى الحروب.	- لأنها متوازية وتحتفظ بشدتها لمسافات طويلة دون فقد فتكون مناسبة لتوصيل الاشارة للصاروخ.
٩- الانعكاسات المتتالية داخل التجويف الرنينى هى أساس التكبير والتضخيم فى الليزر.	- لأن إنعكاس الفوتونات بين المرآتين تزيد طول المسار خلال ذرات النيون التى فى وضع الإسكان المعكوس فتحثها ويتزايد عدد الفوتونات حتى تصل شدة عظمى تنفذ من المرآة شبه العاكسة.



الإلكترونيات الحديثة

مقدمة

أصبحت الإلكترونيات والاتصالات جزءا لا يتجزأ من حياتنا فالتليفزيون والتليفون المحمول والكمبيوتر والأقمار الصناعية وهذا يدل على التقدم الهائل فى استخدامات الالكترونيات والاتصالات حيث أمكن تداول المعلومات على شكل كلمات منطوقة أو مكتوبة أو رسومات بيانية أو أرقام أو موسيقى أو صور أو بيانات موجودة على الحاسب الآلى.

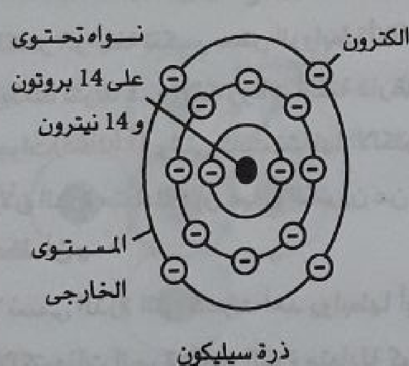
أشباه الموصلات النقية Intrinsic Semiconductors:

تنقسم الجوامد من حيث توصيلها للتيار الكهربى إلى:

١- مواد جيدة التوصيل «الموصلات» Conductors وهى التى توصل الكهربية والحرارة بسهولة وهى المواد التى بها وفرة من الإلكترونات الحرة مثل المعادن.

٢- مواد رديئة التوصيل «العازلات» Insulators وهى التى لا توصل الكهربية والحرارة بسهولة والتى يندر بها وجود الإلكترونات الحرة مثل (الخشب والبلاستيك).

٣-أشباه الموصلات Semiconductors واكثرها استخداما السيليكون والجرمانيوم وتنتمى معظم أشباه الموصلات إلى المجموعة الرابعة فى الجدول الدورى، بها (4) الكترونات فى مستوى التكافؤ وبلورة السيليكون النقى تتكون من ذرات سيليكون تربطها روابط تساهمية.



ذرة سيليكون

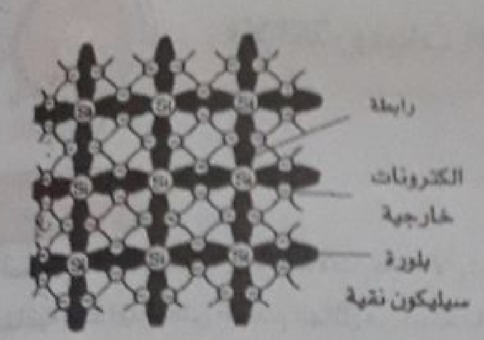
> **• تعريف أشباه الموصلات:**
> هى مواد توصل التيار الكهربى فى درجات الحرارة العالية ولا توصلة فى الدرجات المنخفضة وهى بذلك لا تعتبر عازلات كما لا تعتبر موصلات.

- **بلورة المعدن:** تتكون من أيونات موجبة وسحابة من الالكترونات الحرة تسبح فى البلورة فى حركة عشوائية. توجد بينهما قوة تجاذب.
- **بلورة شبه الموصل النقى:** تتكون من ذرات تربطها روابط تكافؤية.

تعريف البلورة:

هى ترتيب هندسى منتظم للذرات فى الحالة الجامدة.

ذرة السيليكون تحتوى على أربعة الكترونات فى القشرة الخارجية كما بالشكل لذلك تتشارك كل ذرة سيليكون مع أربعة ذرات من جيرانها بحيث تكتمل القشرة الخارجية outer Shell



وبذلك تحتوى القشرة الخارجية لكل ذرة سيليكون على ثمانية الكترونات بالمشاركة. وعلى ذلك تكون الكترونات السيليكون كالآتى:

١- الكترونات المستويات الداخلية وهى مرتبطة بشدة جذبا بالنواة.

٢- الكترونات التكافؤ Valence Electrons وهى فى القشرة الخارجية ولها حرية أكبر فى الحركة عبر المسافات البينية وفى درجات الحرارة المنخفضة تكون جميع الروابط بين الذرات فى البلورة سليمة ولا توجد فى هذه الحالة الكترونات حرة كما بالشكل وتكون عند ذلك عازلة. وبارتفاع درجة الحرارة أو سقوط ضوء بشرط أن تكون طاقته كافية لكسر الرابطة تنكسر بعض الروابط Bonds فتنطلق بعض الالكترونات من روابطها وتصبح الكترونات حرة.

Si Si Si Si Si

بلورة سيليكون نقية

وبذلك تترك هذه الالكترونات أمكنة فارغة فى الروابط المكسورة Brokem Bond ويعبر عن هذه الأماكن الفارغة بالفجوات (Holes) والتى كانت تشغلها الالكترونات المتحررة وتتحرك الالكترونات والفجوات حركة عشوائية.

ولأن الذرة متعادلة فإن غياب الكترون عن الذرة يعنى ظهور شحنة موجبة ولذلك فإن الفجوة تمثل شحنة موجبة.

يلاحظ أن:

لا نسمى الذرة التى كسرت أحد روابطها أيونا لأن الفجوة سرعان ما تقتنص الكترونا آخر اما من رابطة مجاورة أو من الإلكترونات الحرة فتعود الذرة متعادلة كما كانت وتنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى وهكذا.

وكلما زادت درجة الحرارة زاد عدد الالكترونات الحرة وبالتالى زاد عدد الفجوات مع مراعاة أن عدد الالكترونات الحرة يساوى عدد الفجوات فى حالة السيليكون النقى.

حتى تصل البلورة إلى حالة الاتزان الديناميكى Dynamic Equilibrium تسمى الاتزان الحرارى Thermal Equilibrium اذ لا تتكسر إلا نسبة ضئيلة من الروابط وفيها يتساوى عدد الروابط المكسورة فى الثانية مع عدد الروابط التى يتم تكوينها (التئامها) فى الثانية ليبقى فى النهاية هناك عدد ثابت من الالكترونات الحرة والفجوات لكل درجة حرارة.



وعلى ذلك فإن الالكترونات الحرة التى تتحرك هى أيضا مقيدة ولكن فى حيز أكبر هو البلورة ذاتها ويحدها سطح

البلورة. ويحتاج كسر الرابطة إلى حد أدنى من الطاقة إما على صورة طاقة حرارية أو ضوئية كما أنه فى حالة التئام الرابطة Recombination تنطلق هذه الطاقة على شكل طاقة حرارية أو ضوئية.

ويكون عدد الإلكترونات = عدد الفجوات $n = P = n_i$

يلاحظ أن:

يمكن تفسير عملية التوصيل الكهربى لأشباه الموصلات بأنها نتيجة لحركة الالكترونات والفجوات داخل البلورة. فحركه الالكترونات تمثل اتجاه مرور التيار الإلكترونى بينما تمثل حركة الفجوات (فى الاتجاه العكسى) اتجاه مرور التيار الاصطلاحى

وفى البلورة النقية يكون عدد الالكترونات المنتقلة فى اتجاه مساويا لعدد الفجوات المنتقلة فى الاتجاه العكسى.

- طاقة الثغرة فى السيليكون حوالى 1.12eV وفى الجرمانيوم 0.72eV

التطعيم (إضافة الشوائب) لبلورات أشباه الموصلات Doping of a Semiconductor

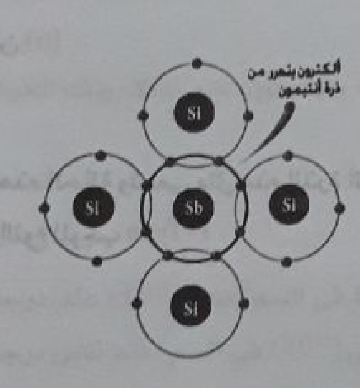
التطعيم يقصد به إضافة كمية قليلة من ذرات مادة أخرى إلى بلورة شبه الموصل بهدف زيادة عدد الالكترونات الحرة أو الفجوات فيها أى زيادة التوصيل والمادة المضافة تسمى الشوائب ويطلق على بلورة شبه الموصل التى تطعم بذرات من مادة شائبة أخرى بلورة شبه موصل غير نقية وتنقسم بلورات أشباه الموصلات غير النقية إلى نوعين حسب نوع مادة الشوائب المضافة للبلورة كما يلى:

الذرة الشائبة:

هى ذرة يطعم بها شبه الموصل النقى بغرض زيادة التوصيل الكهربى وهى أما عنصر ثلاثى أو خماسى التكافؤ.

أولاً: البلورة من النوع n = type Semiconductor (n):

إضافة عنصر مثل الفوسفور (P) أو الأنتيمون (Sb) وغيره من المجموعة الخامسة من شأنه إحلال الذرة الشائبة مكان ذرة سيليكون (كما بالشكل) وهنا تقوم ذرة الفوسفور بنفس العمل الذى كانت تقوم به ذرة السيليكون من حيث إنشاء الروابط مع الجيران كنظام البلورة.



ولأن الذرة الشائبة (P) تحتوى على خمسة الكترونات فإن أربعة منها تشترك فى الروابط ويبقى الكترون واحد خارج هذه الروابط وبطبيعة الحال يكون ارتباطه بالبلورة ضعيفا وقوى الجذب عليه ضعيفة فإذا ما توافرت له الطاقة اللازمة فإنه يصبح حرا وتصبح الذرة الشائبة أيونا موجبا وينضم هذا الالكترون الحر إلى رصيد البلورة من الالكترونات الحرة أى أن البلورة أصبح لها مصدر آخر للإلكترونات الحرة وهو ذرات الشوائب وتسمى مثل هذه الذرة الشائبة بالذرة المعطية (Donor) ويحدث اتزان حرارى حيث يكون مجموع الشحنة الموجبة = مجموع الشحنة السالبة.

فإذا كان (N_D^+) هو تركيز أيونات الشوائب المعطية (Donor)

(n) هو تركيز الالكترونات الحرة

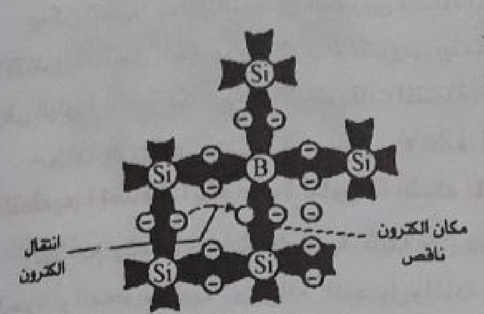
(P) هو تركيز الفجوات

$$n = p + N_D^+$$

ويتضح فى هذه الحالة أن (n) أكبر من (P) وتصبح هذه المادة من نوع .[n - type]

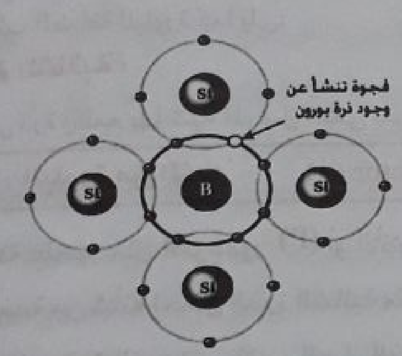
ثانيًا: البلورة من النوع :P- type Semieonductor (P)

ونحصل على هذا النوع بإضافة ذرات الشوائب من مادة ثلاثية التكافؤ (trivalent) مثل ذرات الومنيوم (Al) أو بورون (B) وعندئذ تكتسب ذرة الشائبة ذات الإلكترونات الثلاثة الكترونا من إحدى روابط السيليكون ليصبح عددها أربعة فتظهر فجوة فى رابطة سيليكون.

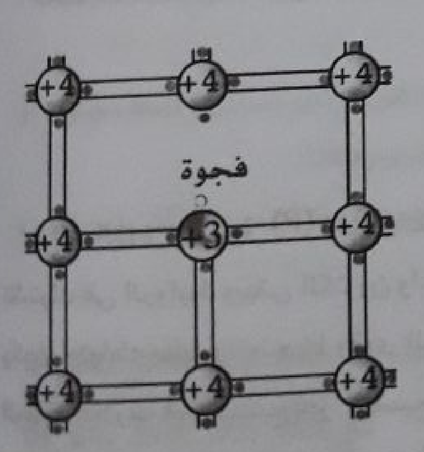


شبه موصل P-type

ونتيجة لذلك تضيف ذرات الشوائب فجوات غير الفجوات التى نشأت بفعل الحرارة فإذا كان $[N_A^-]$ هو تركيز أيونات الشوائب السالبة فإن الاتزان الحرارى يتطلب أن يكون $P = NA^- + n$ أى أن (P) أكبر من (n)

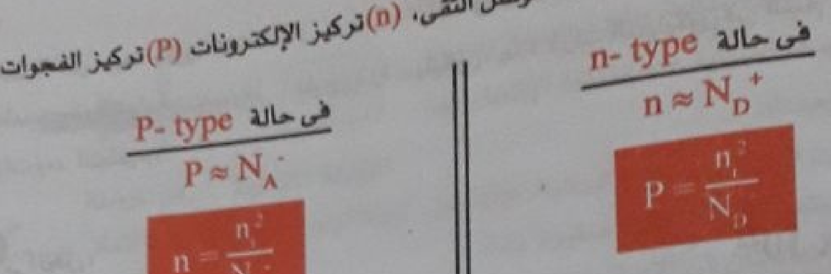


فى هذه الحالة وتسمى مثل هذه الذرة الذرة المستقبلة [Acceptor] وتسمى بلورة من النوع الموجب P-Type

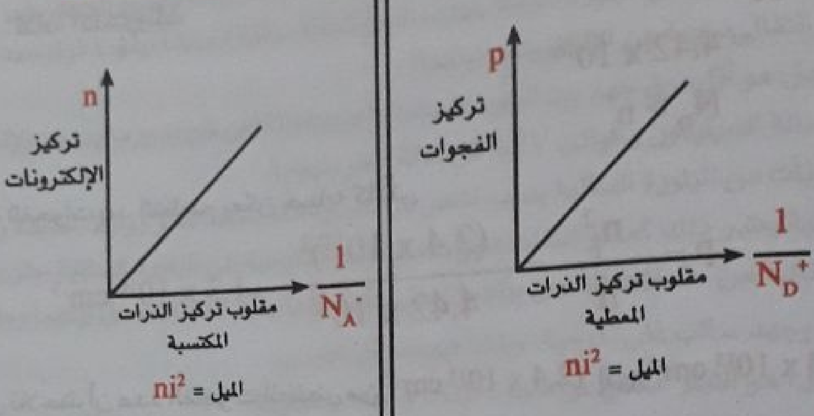


قانون فعل الكتلة : $n.P = ni^2$

حيث [ni] تركيز الإلكترونات أو الفجوات فى شبه الموصل النقى، (n) تركيز الإلكترونات (P) تركيز الفجوات.



العلاقة البيانية :



ملاحظات هامة :

الشبه موصل النقى (لا يحتوى على شوائب) يسمى intrinsic Semiconductor وفيه يكون: عدد الالكترونات الحرة يساوى عدد الفجوات أى أن $n = P = ni$

(i) هنا نسبة لكلمة (intrinsic). $ni \cdot Pi = ni^2$

مثال (١) :

عينة من بلورة الجرما نيوم النقى تركيز الفجوات (أو الالكترونات الحرة) فى السم³ منها (10^{13}) عند درجة حرارة الغرفة. وعندما طعمت بذرات الأنتيمون انخفض تركيز الفجوات بها إلى (10^{11}) فى السم³ عند نفس درجة الحرارة احسب تركيز الالكترونات الحرة عندئذ.

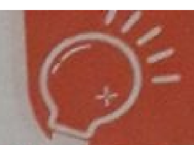
مثال (١) :

فى شبه الموصل (N-type) يكون حاصل ضرب كثافة الالكترونات وكثافة الفجوات كما يأتى:

$$n.p = n_i^2$$

$$n_i = 10^{13}\ cm^{-3} \text{ and } p = 10^{11}\ cm^{-3}$$

$$\therefore n = \frac{n_i^2}{P} = \frac{(10^{13})^2}{10^{11}} = \frac{10^{26}}{10^{11}} = 10^{15}\ cm^{-3}$$



مثال (٢):

فى السيليكون النقى حيث يكون $n_i \approx 2.4 \times 10^{13}\ cm^{-3}$ (كثافة الالكترونات فى النقى) ومع الافتراض أن بلورة السيليكون طعمت بذرات طعمت بنسبة 1 : مليون ذرة سيليكون. عدد ذرات السيليكون فى السم³ = 4.42×10^{22} أوجد كثافة الفجوات بعد التطعيم.

الحل:

كثافة الالكترونات

$$n = N_D = \frac{4.42 \times 10^{22}}{10^6} = 4.42 \times 10^{16}$$

وهذا يوضح أن

$$N_D > n_i$$

(تركيز) أو كثافة الفجوات بعد التطعيم يمكن حسابه كالآتى

$$P = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(2.4 \times 10^{13})^2}{4.42 \times 10^{13}} = 1.3 \times 10^{10}\ cm^{-3}$$

وعلى ذلك مما سبق نلاحظ أن عدد الفجوات انخفض من $(2.4 \times 10^{13}\ cm^{-3})$ إلى $(1.3 \times 10^{13}\ cm^{-3})$ بعد التطعيم.

ملاحظات هامة:

١- البلورة من النوع n-type والبلورة من النوع p-type متعادلة كهربيا أى جهدها = صفر.

٢- كلما زادت نسبة الشوائب فى البلورة قلت مقاومتها وزاد توصيلها لكهرباء.

المكونات أو النبائط الإلكترونية: Electronic components and Devices

تعريف المكونات أو النبائط: Devices

هى وحدات البناء التى تبنى عليها كل الأنظمة الإلكترونية.

(ا) مكونات بسيطة:

مثل المقاومة (R) وملف الحث (L) والمكثف (C) والمفتاح Switch والمتحكم فى التيار (Relay)

(ب) مكونات أكثر تعقيداً:

مثل الوصلة الثنائية Pn - junction (دايود) والترانزستور Transistor بأنواعه. كما توجد نبائط أخرى متخصصة مثل نبائط كهروضوئية وغيرها وتتميز أشباه الموصلات والتى تصنع منها أغلب النبائط بحساسيتها للعوامل المحيطة بها مثل الضوء والحرارة والضغط والتلوث الذرى والكيميائى ولهذا تستخدم كمحسات Sensors أى كوسائل قياس لهذه العوامل أى تستخدم فيما يأتى:

(أ) قياس شدة الضوء الساقط. (ب) قياس درجة الحرارة. (جـ) قياس الضغط.

(د) قياس الرطوبة. (هـ) قياس التلوث الكيميائى. (و) قياس الاشعاع الذرى.

الوصلة الثنائية Pn-junction (الدايود):

عبارة عن بلورة سالبة وبلورة موجبة ومجرد تكون الوصلة الثنائية عند منطقة الإلتحام كما بالشكل يحدث:

P n

+ −

رمز الوصلة   الوصلة الثنائية

١- تعبر بعض الإلكترونات الحرة من البلورة السالبة n-type فى اتجاة البلورة الموجبة p-type لتملأ عدد مساوى لها من الفجوات القريبة ويستمر الإنتقال لفترة صغيرة جداً.

٢- وحيث أن البلورتان متعادلتان فى الأصل ويحدث نتيجة هجرة الإلكترونات يصبح الجهد على البلورة السالبة جهد موجب (شحنة موجبة) وعلى البلورة الموجة جهد سالب (شحنة سالبة) وينشأ بينهما فرق جهد يسمى جهد الحاجز يعمل على منع انتقال مزيدًا عن الإلكترونات بينهما.

الجهد الحاجز: هو أقل فرق جهد بين البلورة السالبة والموجبة والكافى لمنع عبور مزيدًا من الإلكترونات بينهم (وهو حوالى 0.7V فى حالة السيليكون وحوالى 0.2V فى حالة الجرمنيوم).

٣- انتقال الإلكترونات من البلورة السالبة يسبب نقص فى نسبتها مما يسبب كسر روابط جديدة وتكوين فجوات أخرى زيادة فى السالبة يعتبر ذلك كما لو انتقلت فجوات من البلورة الموجبة إلى البلورة السالبة حتى يتوقف ذلك.

٤- تظهر منطقة خالية من حاملات الشحن بينهما تسمى منطقة خالية أو قاحلة تفصل بينهما وعليها جهد موجب على البلورة السالبة وجهد سالب على الموجبة. وينشأ فيها مجال كهربى.

تيار الإنتشار: هو التيار الناتج عن هجرة الإلكترونات من البلورة السالبة نحو البلورة الموجبة.



انتقال الإلكترونات من n إلى p

٥- يؤدى المجال بينهما على دفع تيار من الإلكترونات فى اتجاه البلورة السالبة يسمى تيار الانسياب.

المنطقة الفاصلة

المنطقة الفاصلة خالية من الالكترونات والفجوات (أيونات فقط)

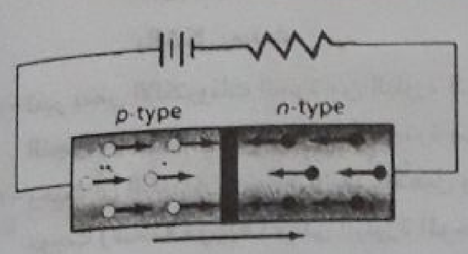
تيار الانسياب: هو التيار الناتج بسبب وجود فرق جهد بينهما يدفع الإلكترونات من البلورة (P) نحو البلورة (n)

٦- يحدث حالة إتزان عندما يتساوى تيار الانتشار وتيار الانسياب وهى متساويان ومتضادان ومحصلتهما = صفر.

توصيل الوصلة الثنائية بجهد خارجي (بدائرة كهربية)

ويتم ذلك بطريقتين:

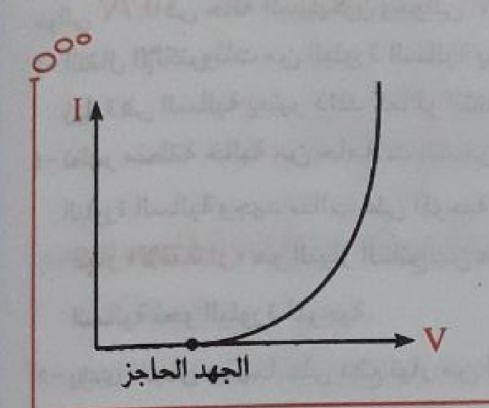
أولاً: التوصيل بطريقة الإنحياز الأمامي Forward Bias(Forward Connection)



وفيه يكون الطرف (P) متصلا بالطرف الموجب للبطارية والطرف (n) متصلا بالطرف السالب للبطارية وعلى ذلك يكون المجال الناشىء عن البطارية عكس إتجاه المجال الداخلى فى المنطقة الانتقالية

فيضعفه ويسمح بذلك بمرور تيار والشكل يوضح حركة الالكترونات والفجوات نتيجة تطبيق فرق جهد خارجى أمامى. ويتغلب بذلك على الجهد العائق ويقل إتساع الفجوة وتقل المقاومة وبذلك يمر التيار الكهربى.

الوصلة الثنائية فى الأمامى إذا كان الجهد أقل من الجهد الحاجز لا يمر تيار وهى فى الأمامى ولا يخضع لقانون اوم والعلاقة كما بالشكل فى حالة التوصيل الأمامى أى تتغير قيمة المقاومة حسب الجهد المطبق.



ثانيًا: التوصيل بطريقة الإنحياز العكسى (التوصيل العكسى) Reverse Bias

وفيه يوصل الطرف (P) بالطرف السالب للبطارية و(n) يوصل بالطرف الموجب للبطارية (كما بالشكل) فينعكس اتجاه فرق الجهد وبذلك يكون المجالان الخارجى والداخلى فى نفس الاتجاه ويزداد الجهد العائق ولا يمر التيار تقريبا ويزداد إتساع الفجوة وتزيد المقاومة.

الاستنتاج:

١- الوصلة الثنائية توصل التيار فى اتجاه وتمنعه تقريبا فى الاتجاه العكسى.

٢- يمكن تشبيه عمل الوصلة الثنائية بمفتاح. يكون المفتاح مغلقا فى الاتجاه الأمامى للجهد ومفتوحا فى الاتجاه العكسى.

٣- يمكن التأكد من سلامة الوصلة الثنائية باستخدام أوميتر حيث يعطى مقاومة صغيرة جدا فى اتجاه ومقاومة كبيرة جدا فى الاتجاه العكسى.

٤- هذا السلوك يختلف تماما عن المقاومة الكهربية التى توصل التيار بنفس القيمة إذا انعكس اتجاه التيار فى حال إذا ما انعكس فرق الجهد.

نفضل الوصلة الثنائية المصنوعة من السليكون عن المصنوعة من الجرمانيوم فى تقويم التيار لأنه:

١- التيار العكسى أقل.

٢- الجهد الحاجز أكبر.

٣- السيليكون يتحمل درجات حرارة عالية

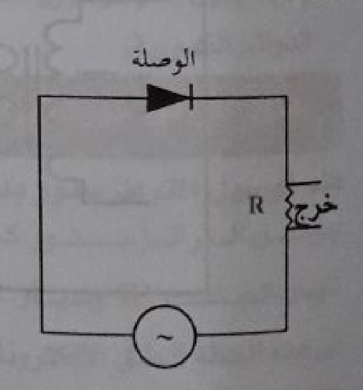
٤- السيليكون أرخص لأنه متوفر فى القشرة الأرضية (الرمل).

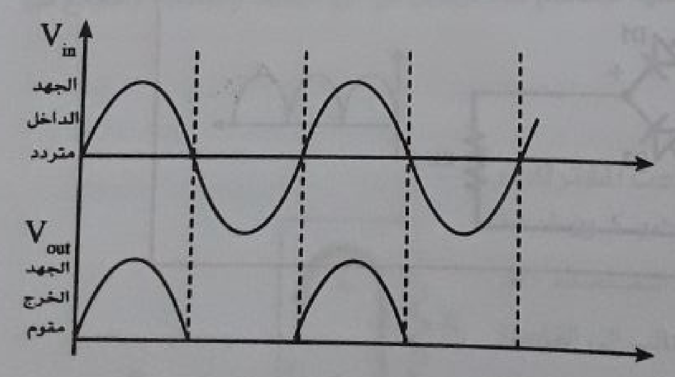
مقارنة بين التوصيل الأمامى والخلفى

	التوصيل الأمامى	التوصيل الخلفى
طريقة التوصيل	توصيل البلورة السالبة بالقطب السالب والبلورة الموجبة بالقطب الموجب.	توصيل البلورة السالبة بالقطب الموجب والبلورة الموجبة بالقطب السالب.
رسم	P n mA	
الجهد الحاجز	مجال البطارية عكس المجال الكهربى بينهما - يقل فرق الجهد بينهما.	مجال البطارية والمجال الداخل فى نفس لاتجاه - يزيد فرق الجهد بينهما.
المنطقة الفاصلة	يقل إتساعها	يزيد إتساعها
قراءة الأميتر	يمر تيار	لا يمر تيار
العمل	مفتاح مغلق	مفتاح مفتوح
قيمة المقاومة	المقاومة صغير عند قياسها	المقاومة كبير عند قياسها

إستخدام الوصلة الثنائية (الدايود):

تستخدم الوصلة الثنائية فى عملية تقويم التيار المتردد أى جعله فى اتجاه واحد ويكون التقويم نصف موجى كما بالشكل. نجد أن أنصاف الموجات الموجبة يكون أمامى تسمح له الوصلة بالمرور والأنصاف السالبة تكون توصيل خلفى لا يمر تيار يذكر.

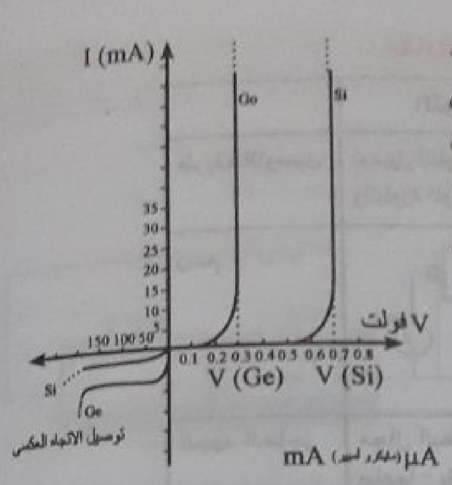




تختلف الوصلة الثنائية عن المقاومة الكهربية فى توصيل التيار حيث أن المقاومة الأومية تخضع لقانون أوم $V \alpha I$ ولا تتبع الوصلة لقانون أوم.

ولكن الوصلة الثنائية تختلف فى التوصيل الأمامى عن الخلفى لوجود جهد حاجز والعلاقة البيانية توضح التمثيل البيانى لفرق الجهد المطبق بين طرفى الوصلة فى الأمامى ولا تسمح بمرور التيار إلا إذا تم التغلب على حاجز الجهد فى المنطقة الفاصلة ويزداد التيار بشكل لوغرتمى كما بالشكل وفرق الجهد الذى يسبب الزيادة السريعة فى شدة التيار يسمى الجهد الحدى للوصلة الثنائية (voltage Threshold)

وفى حالة السليكون 0.7V الجرمانيوم 0.3V



الوصلة الثنائية : مقاومتها عالية جدًا تصل إلى ما لانهاية فى التوصيل الخلفى أما فى التوصيل الأمامى تبدأ من صفر تقريبًا إلى ما لا نهاية - عندما يكون جهد المصدر أقل من الجهد الحاجز لا يمر تيار حيث تعتبر المقاومة لا نهائية رغم توصيلها أمامى ويتوقف مقاومة الوصلة الثنائية على:

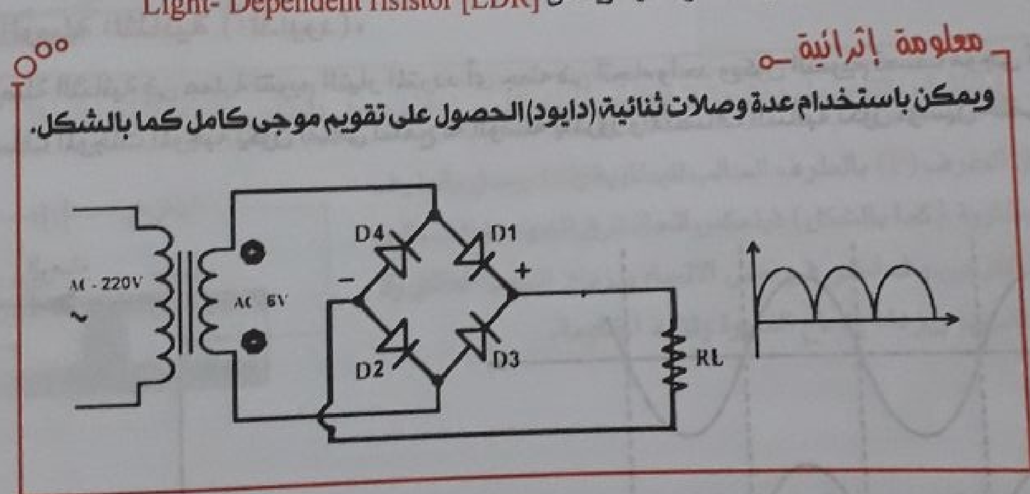
١- نوع شبه الموصل. ٢- كمية الشوائب المطعم بها.

٣- درجة الحرارة. ٤- فرق الجهد المصلط عليها.

- هناك دايود باعث للضوء عند مرور التيار فيه يسمى Light - emitting Diode [LED]
- هناك دايود تقل مقاومته عند سقوط الضوء عليه ويسمى Light- Dependent risistor [LDR]

معلومة إثرائية

ويمكن باستخدام عدة وصلات ثنائية (دايود) الحصول على تقويم موجى كامل كما بالشكل.

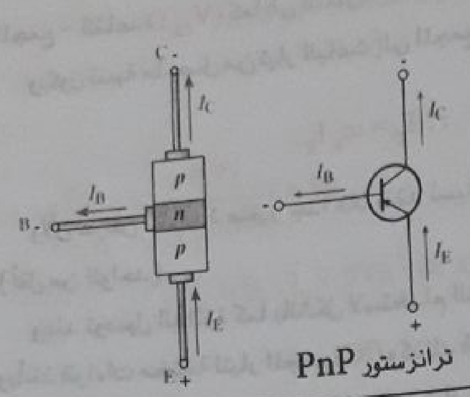


الترانزستور Transistor

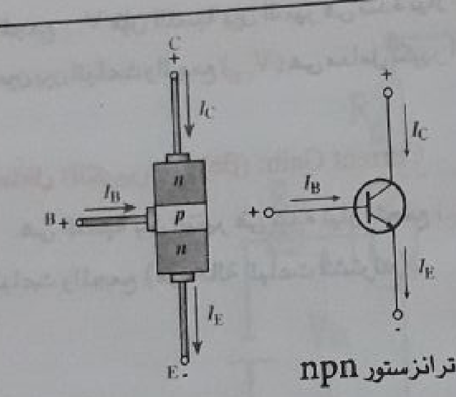
تمكن العالم وليام شوكلى من إنتاج أول وصلة ترانزستور عام (1955) وهو يعد من الاكتشافات الدقيقة والمتناهية فى الصفر وأصبح أهم الاكتشافات فى العصر الحديث.

وتوجد أنواع مختلفة من الترانزستور ونكتفي هنا: ترانزستور من نوع (npn) ، (pnp) والترانزستور هو بلورة من مادة شبه موصلة (سيليكون) تم تطعيمها بطريقة معينة بحيث تكون المنطقة الوسطى منها شبه موصل (P) أو (n) أما المنطقتان الخارجيتان تكونان من نوعية مخالفة للمنطقة الوسطى.

وتسمى المنطقة الوسطى من البلورة «القاعدة (Base)» ويرمز لها بالرمز (B) والمنطقتان الخارجيتان هما الباعث Emitter» ويرمز له بالرمز (E) و«المجمع Collector» ويرمز له بالرمز (C)وموضح بالشكل رمز كل من النوعين فى الدوائر الكهربية والسهم الموضح بالشكل يشير إلى اتجاه التيار الإصطلاحى.



ترانزستور PnP



ترانزستور npn

وفيما يلى تركيب الترانزستور من النوع (n.p.n).

١- منطقة الباعث (E) شبه موصل (n-type) بها نسبة شوائب عالية (مقاومته صغيرة نسبيًا).

٢- منطقة القاعدة (B) شبه موصل (p-type) وعرضها صغير للغاية وهى قليلة الشوائب نسبيا وتتوسط الباعث والمجمع.

٣- منطقة الجمع (C) «n-type» نسبة الشوائب بها أقل من الباعث (مقاومته أكبر).

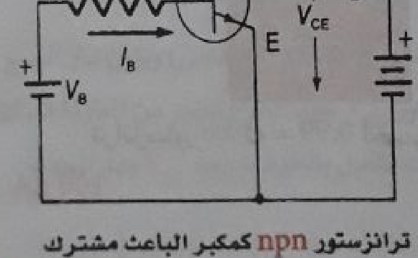
وعادة يكون للترانزستور ثلاثة أسلاك توصيل معدنية تستخدم عند توصيل كل من الباعث والقاعدة والمجمع فى الدوائر الكهربية.

عمل الترانزستور: من النوع (npn)

عند توصيل الترانزستور بدائرة كهربية (الباعث المشترك):

يوصل الترانزستور كما بالشكل حيث يكون شدة تيار الباعث IE وتيار المجمع IC وتيار القاعدة IB.

فى هذه الحالة تنطلق الالكترونات من الباعث (n) السالب إلى القاعدة (P) حيث تنتشر بعض الوقت إلى أن يتلقفها المجمع (n) الموجب ولكن لأن الإلكترونات تنتشر فى قاعدة مليئة بالفجوات فإن عملية الإلتئام Re-combination التى تتم فى القاعدة تستهلك نسبة من هذه الالكترونات فإذا كان تيار الالكترونات المنطلق من الباعث هو (I_E) فإن ما يصل للمجمع هو (I_C)



ترانزستور npn كمكبر الباعث مشترك

$$\therefore\ I_E = I_C + I_B \quad (1)$$

هذا مع العلم بأن معظم الالكترونات التى تدخل إلى قاعدة الترانزستور n-p-n تنجذب إلى المجمع ولوجود جهد المجمع - القاعدة (V_{CB}) كما فى الشكل.

ويكون نسبة ما يصل من تيار الباعث إلى المجمع يسمى α_e

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E} \quad (2) \qquad \therefore I_C = \alpha_e I_E$$

ولأن عرض القاعدة صغير جدا فلا تفقد نسبة كبيرة من الفجوات فيها أى أن (αe) قريبة من الواحد الصحيح. (أقل من الواحد).

وعند توصيل الدائرة كما بالشكل لاستخدام الترانزستور كمكبر (Amplifier) مع مراعاة أن يكون الباعث مشترك وبأخذ قراءات مختلفة لتيار المجمع (IC) وكذلك قراءات مختلفة لتيار القاعدة (I_B) عند قيمة معينة لفرق جهد الباعث والمجمع V_{CE} فإن النسبة بين التغير فى شدة تيار المجمع (ΔI_C) إلى التغير فى شدة تيار القاعدة (ΔIB) عند فرق جهد معين بين الباعث والجمع (V_{CB}) هى معامل تكبير الترانزستور للتيار فى حالة (الباعث المشترك) ويرمز له بالرمز .(βe)

معامل التكبير: Current Gain: (βe)

هى النسبة بين التغير فى شدة تيار المجمع (ΔI_C) إلى التغير فى شدة تيار القاعدة (ΔIB) عند فرق جهد معين بين الباعث والمجمع (فى حالة الباعث مشترك).

$$\beta e = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad (3)$$

وتكون (βe) كبيرة جدا. أى أن تيار المجمع أكبر من تيار القاعدة بنسبة (βe).

أى أنه إذا وضعت إشارة كهربية صغيرة (مترددة) (مثلا الخرج من ميكروفون) فى تيار القاعدة فإنه يظهر تأثيرها مكبرا فى تيار المجمع. وهذه هى الفكرة الأساسية فى عمل الترانزستور كمكبر وهذا ما يسمى فعل الترانزيستور.

استنتاج العلاقة بين (β_e ، α_e) :

فى الترانزستور $I_E = I_C + I_B$

(α_e) هى نسبة ما يصل من تيار الباعث إلى الجمع

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E} \longrightarrow I_C = \alpha_e + I_E$$

βe هى تكبير التيار فى الترانزستور

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha_e . I_E}{I_E - I_C} = \frac{\alpha_e . I_E}{I_E (1-\alpha_e)} = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e}$$

$$\beta e = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e} \qquad \alpha_e = \frac{\beta_e}{1+\beta_e}$$

ترانزستور αe له = 0.99 احسب β_e ثم احسب تيار المجمع إذا كان تيار القاعدة 100 μA

مثال (١):

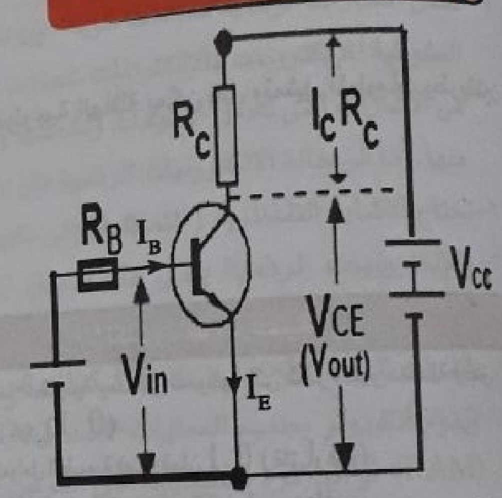
ترانزستور αe له = 0.99 احسب βe ثم احسب تيار المجمع إذا كان تيار القاعدة $100\ \mu A$.

الحل:

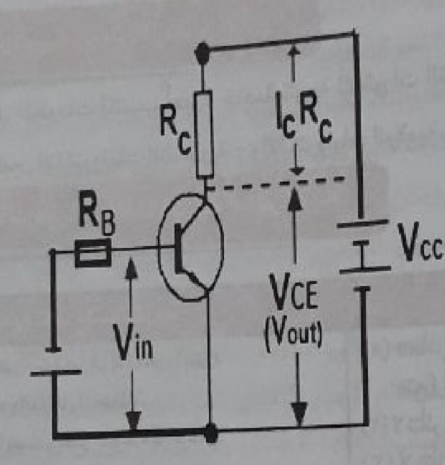
$$\beta_e = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99$$

$$\beta_e = \frac{I_C}{I_B} = \quad \therefore I_C = \beta_e \cdot I_B = 99 \times 100 \times 10^{-6} = 99 \times 10^{-4}\ A$$

الترانزستور كمفتاح Switch:



ترانزستور npn كمفتاح فى حالة غلق on



ترانزستور npn كمفتاح فى حالة فتح off

المفتاح هو وسيلة تحكم فى غلق وفتح الدائرة وتتحكم الحركة الميكانيكية فى سرعة الإغلاق.

والمفتاح الإلكترونى يمتاز بالسرعة ولا يوجد به أجزاء تتعرض للتآكل والترانزستور يعد مفتاح إلكترونى بسيط.

- الشكل المقابل يوضح دائرة كهربيا لترانزستور npn يعمل كمفتاح موصل بطريقة الباعث المشترك وفى الدائرة يكون.

$$V_{cc} = V_{CE} + I_C R_C$$

حيث V_{cc} جهد البطارية فى الدائرة ، (V_{CE}) هو فرق الجهد بين الباعث والجمع وهو جهد الخرج غالبًا RC المقاومة فى دائرة المجمع ، I_C تيار المجمع وفى هذه الدائرة نجد:

١- عند توصيل جهد موجب على القاعدة يمر تيار فى دائرة القاعدة I_B (لأن الباعث والقاعدة توصيل أمامى) ويكون تيار الجمع $I_c = \beta_e I_B$ كبير ويكون $I_c R_c$ كبير وبضاء المصباح أى يعتبر مفتاح مغلق (on) ويكون V_{CE} جهد الخرج صفير من المعادلة السابقة أى الدخل (I_B) كبير الخرج V_{CE} صفير فى حالة استخدامه عاكس حيث الباعث متصل بالطرف وجهد V_{CE} جهد المجمع.

٢ - والعكس عند توصيل القاعدة بجهد سالب أو موجب صغير ينقطع التيار أى توصيل خلفى ويكون (I_B) صغير جدًا وتبع لذلك يكون I_c صغير جدًا وتيار R_c صغير فلا يضئ المصباح فى دائرة المجمع ينطفى ويكون V_{CE} كبير أى الخروج كبير أى مفتاح فى حالة فتح Off.

نجد أن:

١ - إذا نقصت المقاومة RB أو زيادة الجهد على القاعدة فى حالة توصيل on فإن تيار القاعدة يزيد ويزيد $I_C R_C$ ويقل V_{CE} والعكس صحيح فى حالة العمل كمفتاح Off.

٢ - يمكن توصيل المصباح بين (E,C) وعندما ينطفئ مصباح فى دائرة $R_C I_C$ يضئ المصباح فى دائرة (CE) وبذلك حسب استعمال الترانزستور الخرج V_{cE} أو IcRc

٣- يمكن بإستخدام الأوميتر معرفة قضبيه الترانزستور.

٤- يستخدم الترانزستور لتكبير الجهد وليس رفع الجهد لأن الرفع يكون على حساب التيار كما فى المحول.

الإلكترونيات الرقمية Digital Electronics

عملية ارسال واستقبال المعلومات اكتسب أهمية خاصة نتيجة للتطورات التكنولوجية الهائلة يمكن نقل وتمثيل المعلومات بطريقتين يعتمدان على نظامين مختلفين الإلكترونيات التناظرية - والإلكترونيات الرقمية.

مقارنة بين الإلكترونيات التناظرية والرقمية

الإلكترونات التناظرية	الإلكترونات الرقمية
(١) تتعامل مع الكميات الطبيعية دون تغيير حيث تتحول إلى إشارة كهربية متغيرة. (٢) تتأثر بدرجة حرارة الجو والعوامل المحيطية. (٣) تؤثر فيها الشوشرة ولا تقاومها ويصعب فصل الشوشرة عن الإشارة. (٤) يتم التعامل مع التيار وتغيراته. (٥) يصعب تخزينها والاحتفاظ بها. (٦) يصعب تصميم الدائرة الكهربية المستخدمة. analogue signal — time	(١) تتعامل مع الطبيعية بعد هى تحويلها إلى شفرة غير متصلة (غلق، فتح) أى كود (0 ،1). (٢) لا تتأثر بالعوامل الطبيعية فهى رقمان 1، 0 (غلق أو فتح). (٣) لا تتأثر باشوشرة والضوضاء وتنفصل بسهولة. (٤) يتم التعامل عن طريق رقمان فقط. (٥) يسهل تخزينها على هيئة. (٦) دوائرها سهلة وبسيطة. digital signal — 1 — 0 — time — 0 0 1 0 1 0 0 0
تسمى تناظرية لأنها تناظر إشارات طبيعية أى أنها إشارات كهربية تغير قيمتها من فترة زمنية لأخرى بصفة مستمرة مثل إشارة جيبية.	تسمى رقمية ثنائية لأنها تتغير بين رقمى تقترب من الصفر وعظمى والقيمة لا تعنى شىء بالنسبة للمعلومات.

وعلم الالكترونيات الرقمية يعتمد على المنطق الرقمى (digital logic) وله نظام من الحساب الجبرى الخاص به وهو الجبر الثنائى أو الجبر البولينى نسبة إلى العالم الانجليزى Boolean (Binary) Algebra ويمكن وصفه كنظام عددى للأساس .(2).

فمثلا فى النظام العشرى المألوف أو أساس (10) كمثال يعرف الأس لقيم صحيحة±2 ، ±1 ، (0 ... الخ) لتحديد الأوزان الموضعية ومكان الآحاد (10^0) ومكان العشرات (10^1) ومكان المئات (10^2) ومكان الأعشار (10^{-1}) ... الخ وتضرب قيمة الحرف البيانى بقيمة موضعه لتعين النتيجة.

مثال (١):

الرقم(478) يمكن التعبير عنه.

$$478 = 10^0 \times 8 + 10^1 \times 7 + 10^2 \times 4$$

مثال (٢):

الرقم(117) يمكن التعبير عنه.

$$117 = 10^2 \times 1 + 10^1 \times 1 + 10^0 \times 7$$

ومما سبق فإن النظام الثنائي له فقط رقمان أو الحرفان(0 , 1) ، الأوزان الموضعية فى النظام الثنائى تعين برفع الأساس(2) لقيم صحيحة(0 , ±1 , ±2) الخ.

وعليه فإن مكان الواحد(2^0) ومكان الـ 2 (2^1) ومكان الـ 4 (2^2) ومكان الـ 8 (2^3) ، مكان الانصاف(2^{-1}) .

مميزات الإلكترونيات الرقمية

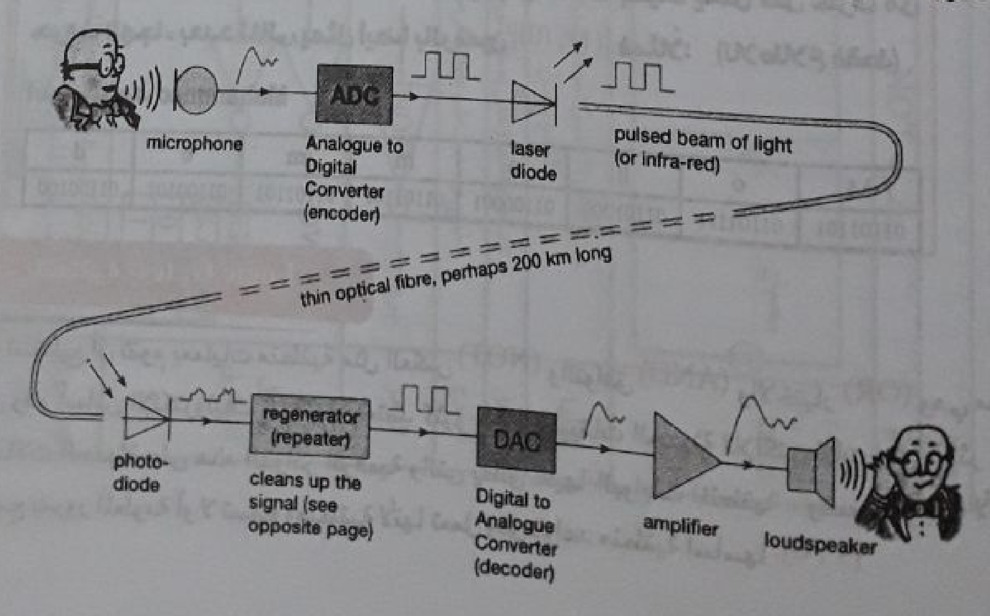
١ - تنتقل الاشارات الرقمية لمسافات طويلة دون تشويه لأن الاشارة الرقمية لا تتأثر بالضوضاء الكهربية التى مصدرها الحركة العشوائية للإلكترونات فالإلكترونات شحنات إذا تحركت فإنها تسبب تيارا عشوائيا هذه الاشارات العشوائية تسبب تداخلا فى الاشارات التى تحمل المعلومات وتشوشها والضوضاء تضاف دائما إلى الإشارات التى تحمل المعلومات يصعب التخلص منها. أما فى حالة الالكترونيات الرقمية فإن المعلومة تكون كود أو شفرة لا تأثر فيها الضوضاء.

٢- تحتاج الاشارة التناظرية (التماثلية) إلى تكبير ولكن الضوضاء أو الشوشرة المضافة إليها يحدث لها تكبير هى الأخرى .

٣- والإلكترونيات الرقمية يبنى عليها عمل التليفون المحمول والقنوات الفضائية الرقمية وأقراص الليزر المدمجة (CD) . وأجهزة معالجة البيانات مثل أجهزة الكمبيوتر فكل ما يدخل إلى الكمبيوتر سواء أعداد أو حروف يتحول إلى شفرات ثنائية(Binary Gode) كذلك تجزأ الصور إلى عناصر صغيرة تسمى(pixels) وتحول أيضا إلى شفرة. ويقوم الكبيوتر بجميع العمليات الحسابية باستخدام الجبر الثنائى كما يقوم بتخزين المعلومات فى الذاكرة المؤقتة (RAM) أو الذاكرة المستديمة مثل القرص الصلب(Hard Disk) على شكل مغنطة فى اتجاه معين مما يعنى(O) والمغنطة فى اتجاه مضاد مما يعنى(1) .

٤- الالكترونيات الرقمية سهلة التصميم والبناء من مكونات بسيطة.

٥- فى عمليات الارسال والاستقبال والتعامل مع الإلكترونيات الرقمية حيث يوجد محول تناظرى رقمى(ADC) وعند المستقبل يوجد محول رقمى تناظرى(DAC) كما بالشكل.



مثال (١):

أوجد المكافئ الثنائى للعدد العشرى (19) ،

لنصل إلى التمثيل الثنائى فإننا نقسم بالتتابع على (2) مسجلين الباقى.

$19/2 = 9$	الباقى	1	(الصغير)
$9/2 = 4$	الباقى	1	↓
$4/2 = 2$	الباقى	0	
$2/2 = 1$	الباقى	0	
$1/2 = 0$	الباقى	1	(الكبير)

الباقى الثنائى الأول عند اليمين والرقم الثنائي الأخير عند اليسار ونحصل على $[10011]_2$

مثال (٢): حول العدد الثنائى 11001101 إلى مكافئة العشرى.

$$11001101 = 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^7$$

$$= 1 + 4 + 8 + 64 + 128 = 205$$

مثال (٣): حول العدد الثنائى إلى 11100101 العدد العشرى

$$11100101 = 1X2^0 + 0X2^1+1X2^2+0X2^3+0X2^4+1X2^5+1X2^6+1X2^7$$

$$= 1 + 0 + 4 + 0 + 0 + 32 + 64 + 128 = 229$$

وهكذا يتم تشفير (Coding) كل عدد وكل حرف ويتم تحويل كل الاشارات الكهربية المتصلة إلى اشارات رقمية عن طريق جهاز يسمى محول تناظرى رقمى.

فى الطرف المستقبل يتم التحويل العكسى من اشارة رقمية إلى أشارة تناظرية عن طريق محول رقمى تناظرى.

وبذلك يتم التخلص من الإشارات الكهربية الغير منتظمة والغير مفيدة والتى تسمى الضوضاء الكهربية Electrical Noise

معلومة إثرائية

وفى حالة المعلومات التى على شكل نصوص وكلمات بحيث يمثل كل حرف من حروف الهجاء بعدد ثنائى يمثل أيضا بالرقمين [(0) , (1)] فمثلاً: (للاطلاع فقط)

اسم محمد Mohammed

M	o	h	a	m	m	e	d
01101101	01101111	01101000	01100001	01101101	01101101	01100101	01100100

البوابات المنطقية Logic Gates:

هى دوائر تستطيع أن تقوم بعمليات منطقية مثل العكس (NOT) والتوافق (AND) والاختيار (OR) وهي مبنية على الجبر الثنائى وهو أساس الإلكترونيات الرقمية وتعتمد كثير من التطبيقات الحديثة للإلكترونيات مثل دوائر الحاسب ووسائل الاتصالات الحديثة على هذه الدوائر الرقمية والتى يطلق عليها البوابات المنطقية ، وتسمى بوابات لأنها تعمل كمدخلات تسمح بمرور المعلومة أو لا تسمح ومنطقية لأنها تعمل وفق قواعد منطقية أساسها .[1 , 0]

وكل بوابة أو أكثر من بوابات متصلة معا لها جدول تحقيق يتكون من الكود 0 , 1 حيث [0] فى حالة فتح الدائرة، [1] فى حالة غلق المفتاح أى مرور تيار وعدد احتمالات جدول التحقيق حسب عدد المدخلات ويكون حسب العلاقة 2^n حيث n عدد المدخلات إذا كان الدخل واحد يكون عدد الصفوف فى الجدول اثنين كما فى (NOT) وإذا كان مدخلان يكون عدد الصفوف 4 وهكذا. ويستخدم الترانزستور كمفتاح فى عمل البوابات المنظمة.

A.B

البوابات المنطقية LOGIC GATES

الاسم	NOT = عاكس	AND = توافق	OR = اختيار
الدائرة الكهربية المكافئة	V_B ، R ، K ، مصباح	A ، B ، مصباح	A ، B ، مصباح
عملها	عند الغلق لا يضئ المصباح وعند الفتح يضئ	لا يضئ المصباح الا إذا اغلق A and B	يضئ المصباح إذا أغلق أى من المفتاحين A or B
الدخل	مدخل واحد (على يسار الرمز)	مدخلان أو أكثر (على يسار الرمز)	مدخلان أو أكثر (على يسار الرمز)
الخرج	خرج واحد (على يمين الرمز)	خرج واحد (على يمين الرمز)	خرج واحد (على يمين الرمز)
الرمز	دخل — NOT — خرج	دخل A ، B — AND — خرج	الدخل A ، الدخل B — OR — خرج
جدول التحقيق	HIGH — LOW LOW — HIGH دخل: 0 ، الخرج: 1 دخل: 1 ، الخرج: 0	A B الخرج 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 مفتوح ، 1 مغلق	A B الخرج 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 خرج = 1 يضئ
الاستعمال مثال	فى غلاية الماء الكهربية ينير المصباح عندما يغلى الماء ويكون مطفأ عندما يكون الماء بارد	عندما يقرر المزارع رى المزرعة عند الغروب وفى جود بارد بواسطة الرشاش الاتوماتيك	منبه الخطر يعمل إذا كان هناك دخان أو درجة حرارة مرتفعة

الشكل الرمزى للبوابة	الدائرة الكهربية	جدول التحقيق

(١) الشكل الرمزى: A، B ← OR ← NOT — الدائرة الكهربية: A، B

A	B	output
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(٢) الشكل الرمزى: A، B ← AND ← NOT — الدائرة الكهربية: A، B

A	B	output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(٣) الشكل الرمزى: B، C ← OR ؛ A ← AND — الدائرة الكهربية: A، B، C

A	B	C	output
0	0	0	0
0	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	1

(٤) الشكل الرمزى: A، B ← AND ؛ C، D ← AND ← OR — الدائرة الكهربية: A، B، C، D

A	B	C	D	output
0	0	0	0	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	1
1	0	1	0	0
1	1	1	1	1

(٥) الشكل الرمزى: A ← NOT ؛ B، C ← AND ← AND — الدائرة الكهربية: C، B، A

A	B	C	output
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	1	1
1	1	1	0

(٦) الشكل الرمزى: A ← NOT ؛ B، C ← OR ← AND — الدائرة الكهربية: B، C، A

A	B	C	output
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	1
0	0	1	1
1	1	1	0

(٧) الشكل الرمزى: A ← NOT ؛ B ← AND — الدائرة الكهربية: B، A

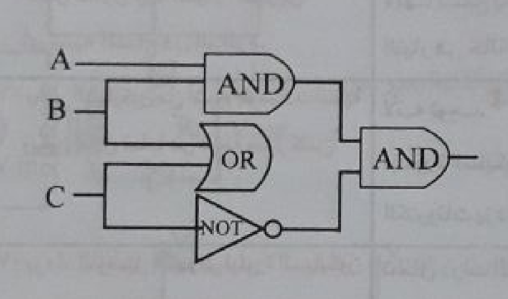
A	B	output
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

ويكتب جدول التحقيق بترتيب ثابت معين حسب تدرج الأرقام الطبيعية كما فى الجدول الموضح

A	B	C	Out put
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

مثال فى البوابات الأتية أكمل جدول التحقيق ثم اكتب العدد العشرى للخرج.

A	B	C	Out put
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0



العدد العشرى للخرج

$01000000 = 1 \times 2^6 = 64$



التعليلات الهامة

الحقيقة العلمية	التعليل
١- لايفضل اعتماد التسخين للمادة شبه الموصلة النقية من أجل رفع درجة توصيلها للتيار الكهربى.	لأن زيادة درجة الحرارة يؤدى تفكك الشبكة البلورية وبالتالى تتحطم البلورة.
٢- على الرغم من التسمية لبلورة شبه الموصل بالموجبة أو السالبة إلا أنها متعادلة كهربياً.	لأن الالكترونات تحررت من ذرات متعادلة كهربيا وتركت فى أماكنها فجوات مساوية لها فى العدد.
٣- تيار قاعدة الترانزستور أصغر بكثير من تيار المجمع.	لأن القاعدة عرضها صغير للغاية وقليلة الشوائب. وبذلك تكون النسبة بين التغير فى تيار المجمع إلى التغير فى تيار القاعدة هو التكبر فى التيار $\beta e = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$
٤- تسمى البوابة المنطقية (NOT) بالعكس (Invertor).	لأن اشارة الخرج تكون منخفضة إذا كان الدخل مرتفعا والعكس صحيح.
٥- تعمل الوصلة الثنائية كموصل جيد كما تعمل كمازل جيد للتيار الكهربى. أى تشبه المفتاح فى الدائرة.	أى تحول الدخل المنخفض إلى خرج مرتفع. لأنها تسمح بمرور التيار الكهربى فى حالة التوصيل الأمامى (مفتاح مغلق) وتمنع مرور التيار فى حالة التوصيل الخلفى (مفتاح مفتوح).
٦- يعتبر السيليكون من أشباه الموصلات النقية ويكون عازل تماما فى درجة صفر كلفن.	لأنه توجد 4 إلكترونات فى المستوى الخارجى - الكترونات التكافؤ والشبكة البلورية لبلورة السليكون تتشارك كل ذرة مع 4 ذرات محيطة بها وتتكسر بعض الروابط وتتحرر الكترونات يزداد عددها بارتفاع درجة الحرارة فتوصل التيار وتكون عازلة تماما فى Ok.
٧- يزداد التوصيل الكهربى لبلورة السيليكون عند تطعيمها بذرات الانتيمون.	تعمل ذرات الأنتيمون الشائبة على زيادة عدد الإلكترونات الحرة فى المادة فتزداد قدرتها على التوصيل الكهربى.
٨- تكون مقاومة الوصلة الثنائية عند التوصيل الأمامى أقل منها عند التوصيل الخلفى.	لأن المجال الناشىء عن البطارية يكون عكس اتجاه المجال الداخلى فى المنطقة الانتقالية فيضعفه ويسمح بمرور التيار أما فى التوصيل الخلفى يكون المجالات فى اتجاه واحد ويزداد الجهد العائق فتكون المقاومة كبيرة.
٩- تستخدم بعض المكونات الإلكترونية كمحسات للبيئة.	لأنها تصنع من أشباه موصلات تمتاز بحساسيتها للعوامل الطبيعة البيئية المحيطة مثل الضوء والحرارة والتلوث وغيرها وتستخدم كوسائل لقياس ذلك.
١٠- تفضل الإلكترونات الرقمية على الإلكترونات التناظرية.	لأن الإلكترونات التناظرية يحدث بها الضوضاء والتشويش عند التداخل مع الإشارات التى تحمل المعلومات ولكن الإلكترونات الرقمية لا يحدث فيها تشويش ويسهل أرسالها وأستقابلها ويسهل تخزينها لأنها تعتمد على شدة فقط.
١١- يستخدم الأوممبز للتأكد من سلامة الوصلة الثنائية.	لأن الأوميتر يقيس المقاومة ومقاومة الوصلة الثنائية تكون صغيرة جدًا عند توصيلها أمامى وكبيرة جدًا عند توصيلها خلف.
١٢- تستخدم الترانزستور كمكبر.	لأن نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة كبير وبذلك يكون أى تغير صغير فى الداخل على القاعدة يقابله تغير كبير فى دائرة المجمع وهو المخرج.
١٣- زيادة التوصيل الكهربى لشبه الموصل النقى عن طريق رفع الحرارة غير مرغوب فيه عملياً.	وذلك لصعوبة التحكم فى الخواص الكهربائية للمواد شبه الموصل بطريقة حرارية.
١٤- يستخدم الأوميتر للتأكد من سلامة الوصلة الثنائية.	لأن مقاومة الوصلة الثنائية السليمة تكون صغيرة جدًا فى التوصيل الأمامى وكبيرة جدًا فى حالة التوصيل الخلفى.

اختبارات على الوحدة الثانية

استخدم الثوابت الآتية فى الاختبارات،

١- h ثابت بلانك 6.625×10^{-34}

٢- سرعة الضوء = 3×10^{8} م / ث.

٣- كتلة الإلكترون 9.1×10^{-31} kg

بوكليت ١

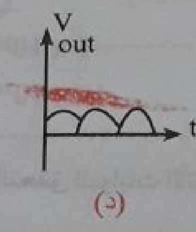
اختر من بين الأقواس ما يناسب كل من الآتى،

١-تم توصيل وصلتين ثنائيتين (D_1, D_2) مـن السليكون والجرمانيـوم ومقاومتـين (R_1, R_2) بمصـدر تيار مستمر $(4V)$ كما فى الدائرة المقابلة فإذا كـانت شدة التيـار فى الدائـرة $(10mA)$ فإن قيمة مقاومة الوصلة (D_1) بالأوم تساوى:

(أ) صفر (ب) 100

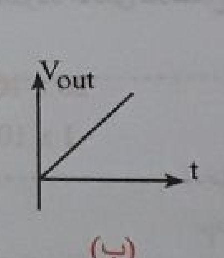
(جـ) 300 (د) 400

٢-مـن خلال الدائرة الموضحـة فى الشكل المقابل فإن أحد الأشكال الآتية يعبر عن علاقة الجهد الخارج (V_{out}) مع الزمن (t).



(د)

(جـ)



(ب)

(أ)

٣- إذا اصطدم فوتون أشعة -X- طول موجته $0.3A°$ بالكترون ساكن تحرك الإلكترون بطاقة 1.1×10^{-16} فإن طول موجة الفوتون المشتت تساوى .... أنجستروم.

(أ) 0.15 (ب) 0.3 (جـ) 0.305 (د) 0.36

٤- فى الترانزستور تكون مقاومة الباعث .... مقاومة المجمع.

(أ) تساوى (ب) أكبر من (جـ) أقل من

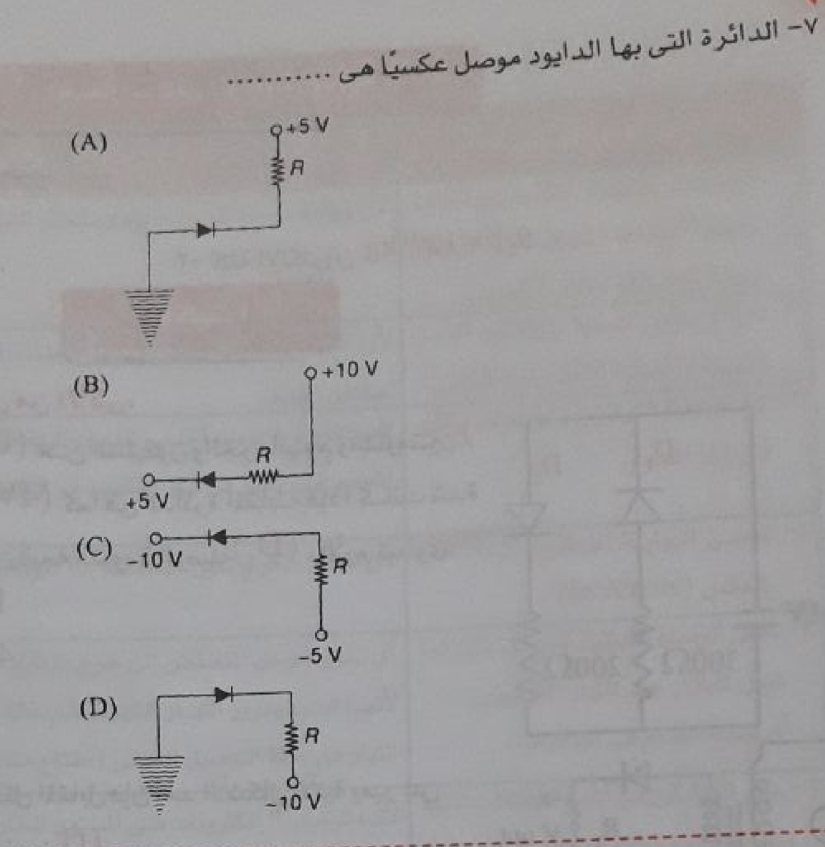
٥- إذا كان طول الموجة للإلكترون يدور حول النواة فى ذرة الهيدوجين يساوى نصف طول المسار يكون الإلكترون فى المستوى.

(أ) الأول (ب) الثانى (جـ) الرابع (د) السادس

٦- النسبة بين أكبر طول موجى فى متسلسلة بالمر إلى أكبر طول موجى فى متسلسلة ليمان .... الواحد.

(أ) أكبر من (ب) أقل من (جـ) تساوى

٧- الدائرة التى بها الدايود موصل عكسيًا هى ....

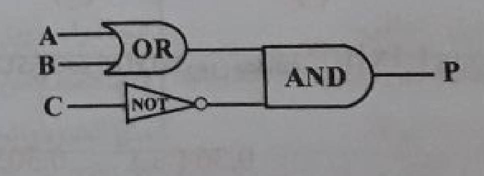


٨- ثنائى ضوئى P-N مصنوع من مادة بفجوة طاقة 2 eV فالتردد الأدنى للاشعاع الذى يمكن امتصاصه بواسطة المادة يساوى تقريبا.

(أ) 5×10^{14} Hz (ب) 20×10^{14} Hz

(جـ) 10×10^{14} Hz (د) 1×10^{14} Hz

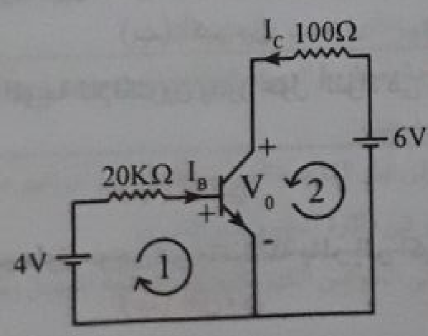
٩- اكمل جدول التحقق للبوابات الآتية:



A	B	C	خرج
0	0	0	
1	1	0	
1	0	0	

١٠- فى دائرة الترانزستور الموضحة بالشكل باستخدام قانون كيرشوف أوجد V_o، I_B، I_C علمًا بأن $V_{BE} = 0.7V$

$\beta_e = 50$



علل لما يأتى:

١١- يعتمد الطول الموجى للطيف المميز فى الأشعة السينية على نوع مادة الهدف وليس على فرق الجهد المسلط بين الكاثود والهدف.

١٢- يعتبر ليزر الهليوم والنيون مثالا لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ضوئية وطاقة حرارية.

١٣- تنبعث الإلكترونات الكهروضوئية بسرعات مختلفة من الفلز عند إضاءته بضوء أحادى اللون.

١٤- وضح بالرسم كيف يستخدم الترانزستور كمفتاح فى الدوائر الكهربية.

١٥- اكتب العدد الثنائى المقابل للعدد 75.

الجواب: [1001011]

١٦- احسب فرق الجهد اللازم لتوليد أشعة سينية ذات طول موجى 0.2 أنجستروم.

(فولت 6.2×10^4)

قارن بين كل من:

١٧- الانبعاث التلقائى والانبعاث المستحث.

١٨- اكتب العدد العشرى المقابل للعدد الثنائى [1101001].

الجواب: [105]

١٩- احسب أقصر طول موجى فى مسلسلة بالمر لطيف ذرة الهيدروجين علما بأن:

طاقة أى مستوى = $\frac{-13.6}{n2}$ ev

[3653Å]

ما أهمية كل مما يأتى:

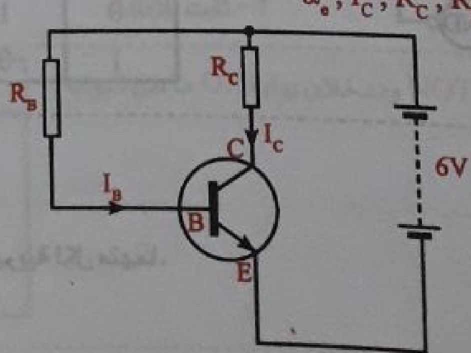
٢٠- التجويف الرنينى لتوليد أشعة الليزر.

٢١- الأشعة المرجعية فى التصوير المجسم.

٢٢- قارن بين التوصيلية الكهربية لفلز وشبه موصل من حيث:

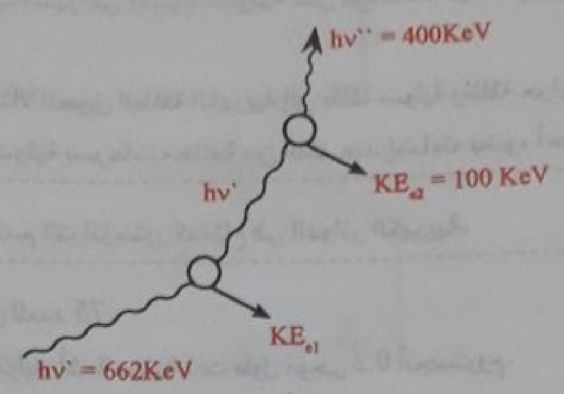
١ - حاملات الشحنة. ٢ - تأثير درجة الحرارة.

٢٣- فى دائرة الترانزستور الموضحة بالشكل المجمع المشترك إذا كان $\beta_e = 100$ و $V_{BE} = 0.6V$ ، وجهد المجمع $V_C = 3.5V$ و $I_B = 50\mu A$ احسب كل من: $\alpha_e , I_C , R_C , R_B$



$[R_B = 108K\Omega, R_C = 500\Omega, I_C = 5mA , \alpha_e = 0.99]$

٢٤- (الأزهر ٢٠١٩) فوتون أشعة (γ) طاقته 662K.ev حدث له تشتت بواسطة الإلكترونات داخل المادة كما بالشكل احسب كلا من: KE_{e1} - $h\nu`$



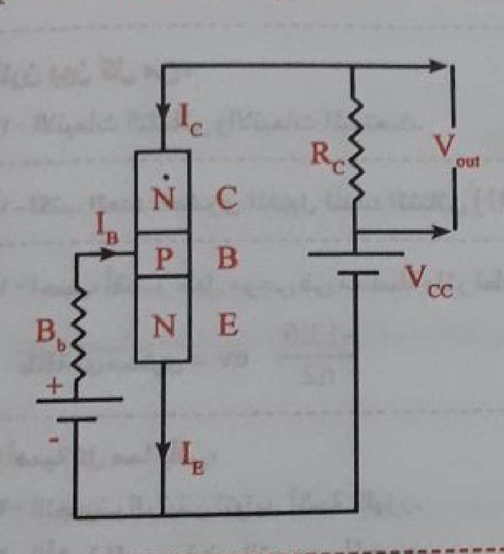
الحل

$[h\nu` = 500KeV \therefore KE_{e1} = 662 - 500 = 162KeV]$

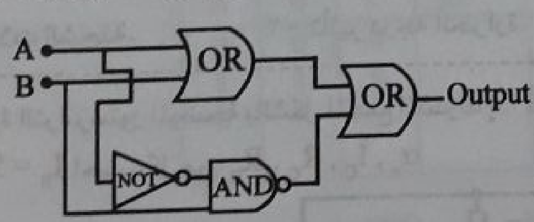
٢٥- الشكل المقابل يمثل ترانزستور NPN بحيث يكون الباعث مشترك.

١- لماذا يكون عرض القاعدة (P) صغير جدًا؟

٢- ماذا يحدث لجهد الخرج (V_{out}) إذا زاد تيار القاعدة (I_B)



٢٦- الشكل المقابل يبين مجموعة من البوابات المنطقية تكون دائرة إلكترونية معينة، أكمل جدول التحقيق لهذه البوابات.



A	B	output
0	0	....
1	1	....
0	1	....
1	0	....

٢٧- فى جدول التحقيق الموضح:

اكتب نوع البوابتين y , x

ثم ارسم الرمز، والدائرة الكهربية لكل منهما.

A	B	x	y
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

٢٨- أكمل جدول التحقيق للبوابات الموضحة بالشكل:

A	B	C	خرج
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

A
B
C
AND
OR
AND

٢٩- يبين الشكل المقابل مستويات الطاقة لذرات كل من الهيليوم والنيون فى مولد ليزر الهيليوم - نيون. أكمل العبارات الآتية:

(أ) تثار ذرات الهيليوم للمستوى شبه المستقر لها بسبب:

وتثار ذرات النيون للمستوى شبه المستقر لها بسبب:

(ب) يحدث الإسكان المعكوس لذرات الهيليوم فى المستوى ..... بالنسبة للمستوى ......

(جـ) يحدث الإسكان المعكوس لذرات النيون فى المستوى .... بالنسبة للمستوى ......

(د) تنبعث فوتونات الأنبعاث المستحث من ذرات النيون بسبب انتقالها من المستوى .... إلى المستوى ....

الطاقة
E_3
E_2
E_1
الحالة الأرضية
E_0
He
Ne

٣٠- فى دراسة لحساب الطول الموجى المرافق للإلكترونات وكمية التحرك له تسجيل النتائج كما فى الجدول الموضح:

λ بالانجستروم	2	4	6	X	10	11
$\frac{1}{P_L} \times 10^{22}\ Kg^{-1}m^{-1}S$	30.3	60.6	90.9	106	151.5	Y

ارسم علاقة بين الطول الموجى على المحور الرأسى ومقلوب كمية التحرك على المحور الأفقى ومن الرسم أوجد:

١ - قيمة Y , X.

٢ - ثابت بلانك.

٣١- الجدول التالى يمثل مدخل بوابة NOT ومدخلان بوابة OR ما هى البوابة وما هى مدخلاتها.

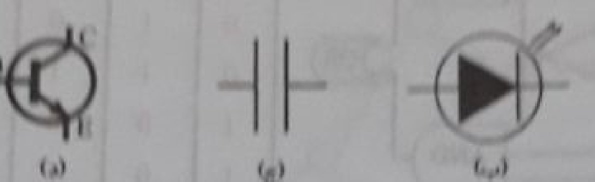
A	B	C	......	......
1	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	1	1
0	1	1	0	1

٣٢- ما هو الطيف الخطى المميز لغاز الهيدوجين مع رسم المتسلسلات لطيف ذرة الهيدوجين وأين يقع طيف كل مسلسلة.

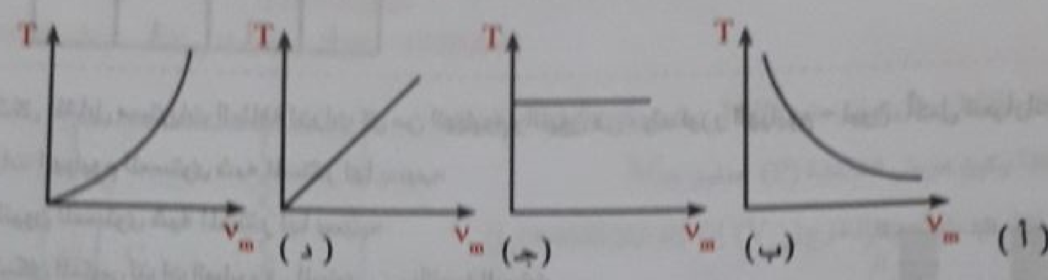
بوكليت ٢

اختر الإجابة الصحيحة :

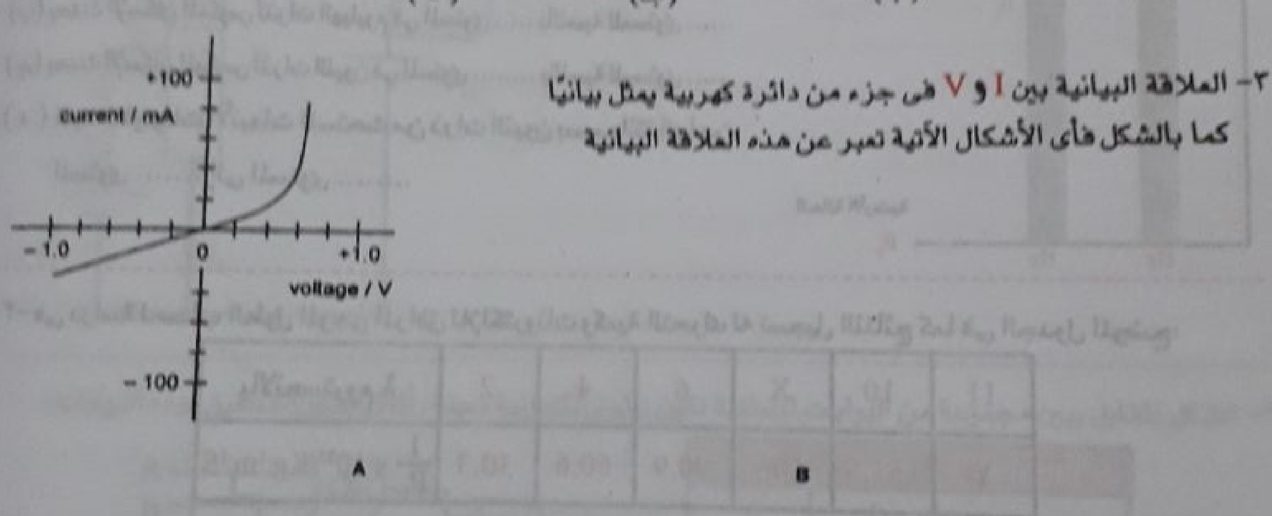
١- أى الأشكال الآتية تمثل رمزا لأداة تستخدم كمصباح مؤشر لمرور التيار فى الدوائر الكهربائية؟

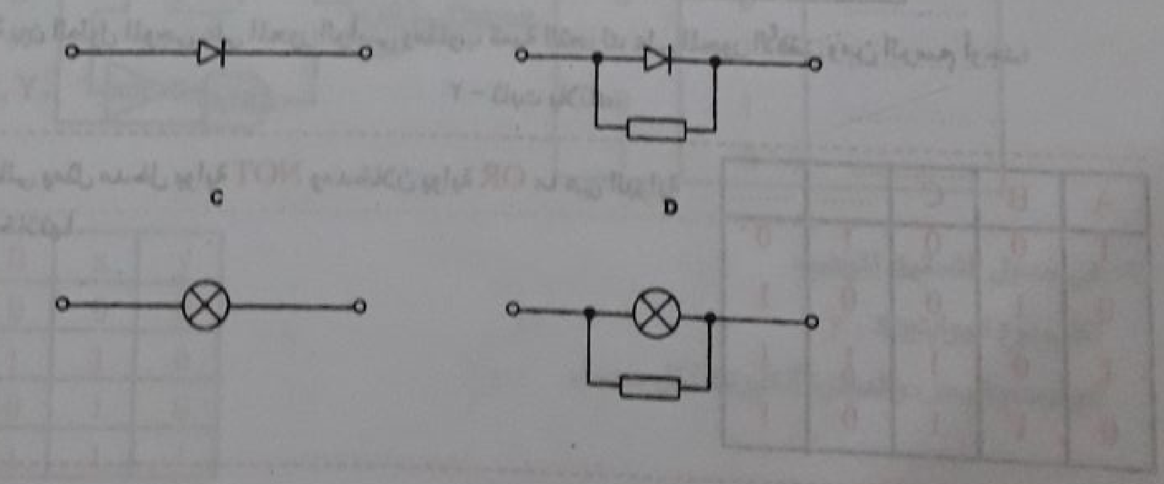


٢- الشكل الذى يوضح العلاقة بين درجة الحرارة الجسم الأسود T_K كلفن وتردد الإشعاع السائد ν هو ....

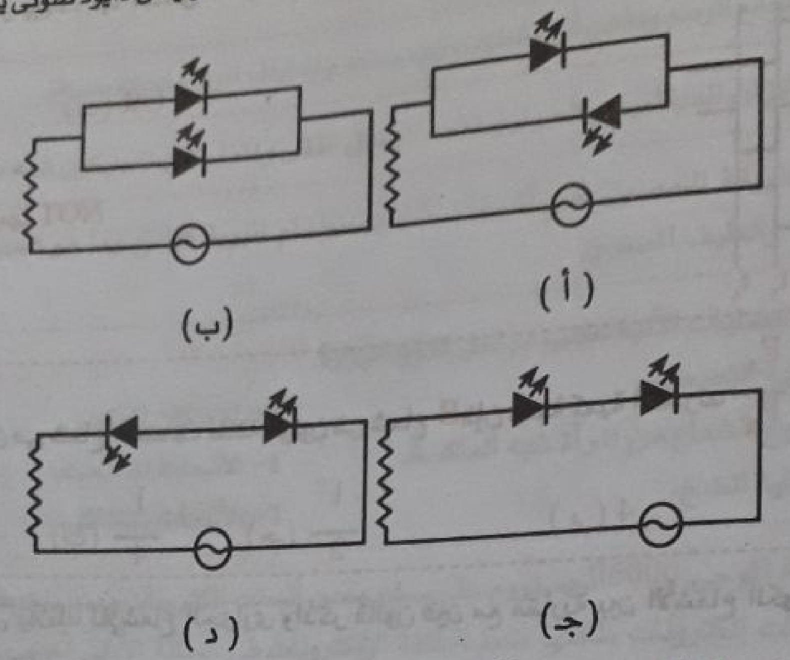


٣- العلاقة البيانية بين I و V فى جزء من دائرة كهربية يمثل بيانيًا كما بالشكل فأى الأشكال الآتية تعبر عن هذه العلاقة البيانية

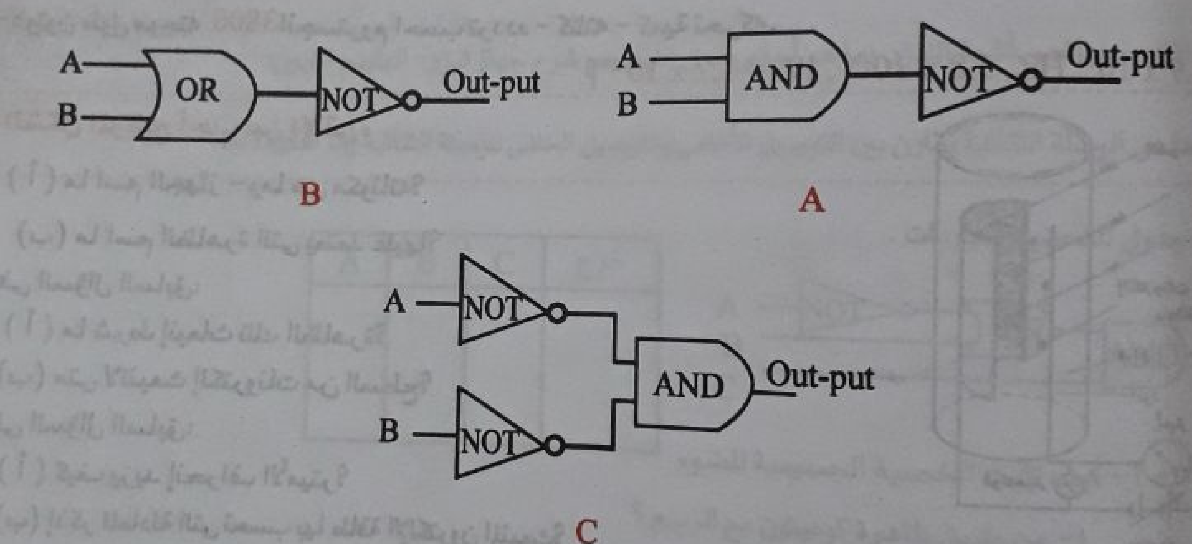




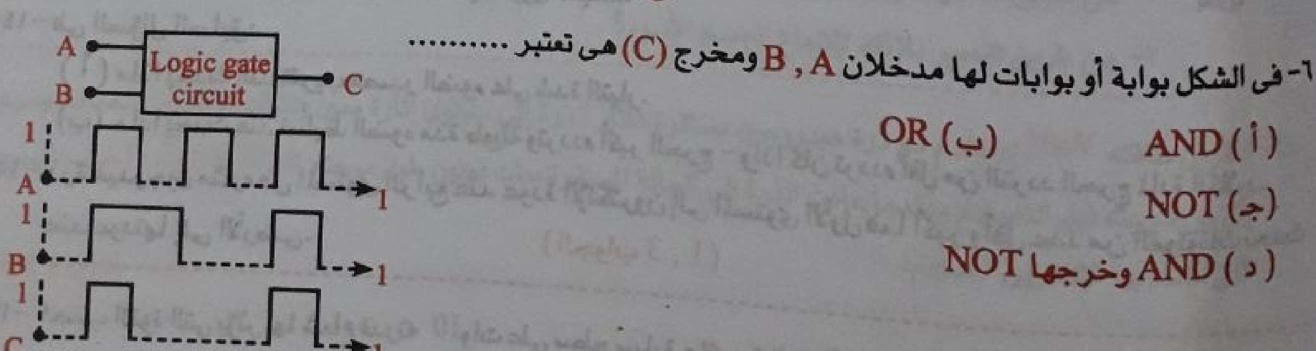
٤- ما هى الدائرة التى تضىء فيها الوصلتان الضوئيتان بالتناوب حيث أن الشكل يمثل دايود ضوئى يضيئ إذا كان التوصيل أمامى:



٥- البوابة التى تعطى خرج High عندما يكون أحد الدخلين فقط Low هى:



٦- فى الشكل بوابة أو بوابات لها مدخلان A , B ومخرج (C) هى تعتبر ....

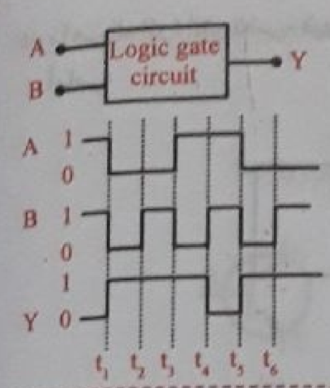


(أ) AND (ب) OR

(جـ) NOT

(د) AND وخرجها NOT

٧- فى الشكل بوابة أو بويات لها مدخل A , B وخرج Y فإن البويات هى ....



(أ) AND
(ب) OR
(جـ) NOT
(د) AND وخرجها NOT

٨- إذا كانت طاقة فوتون فى شعاع A ضعف طاقة فوتون فى شعاع B فإن نسبة كمية التحرك $\frac{P_A}{P_B}$ هى ....

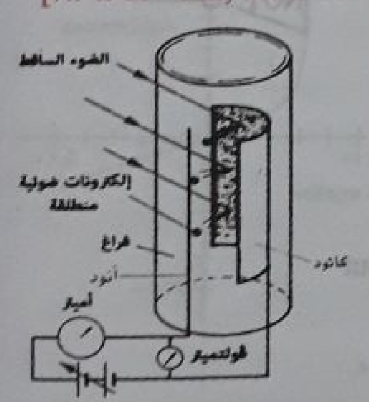
(أ) 2
(ب) $\frac{1}{4}$
(جـ) $\frac{1}{2}$
(د) 4

٩- وضح بالرسم منحنى بلانك للإشعاع الحرارى واذكر قانون فين مع مقارنة بين الأشعاع الكهرومغناطيسى للشمس والأرض.

١٠- فوتون طول موجته 3800 انجستروم احسب تردده - كتلته - كمية تحركه.

[7.9×10^{14} HZ, 5.8×10^{-36} , PL = 1.7×10^{-27}]

فى الشكل الموضح أجب عن الآتى:



١١- (أ) ما اسم الجهاز - وما هى مكوناته؟
(ب) ما اسم الظاهرة التى يعتمد عليها؟

١٢- فى السؤال السابق:
(أ) ما شرط إنبعاث تلك الظاهرة؟
(ب) متى لاتنبعث إلكترونات من السطح؟

١٣- فى السؤال السابق:
(أ) كيف يزيد إنحراف الأميتر؟
(ب) إذكر المعادلة التى تحسب بها طاقة الإلكترون المنبعث؟

١٤- فى السؤال السابق:
(أ) ماذا يحدث عند تقريب مصدر الضوء على شدة التيار.
(ب) ماذا يحدث عند تسليط الضوء مدة طويلة وتردده أكبر الحرج - وإذا كان تردده أقل من التردد الحرج لمادة الكاثود.

١٥- ذرة هيدوجين مثاره فى المستوى الرابع عند عودة الإلكترون إلى المستوى الأول فما أكبر وأقل عدد من الفوتونات تحدث عند عودتها إلى الأرضى. (الجواب 3 , 1)

١٦- احسب القوة التى يؤثر بها شعاع قدرته 10 وات على سطح سيارة عاكس كتلتها 5 طن.

[6.7×10^{-8} N]

١٧- كيف تفسر أن الأشعة السينية هى عملية عكسية للظاهرة الكهروضوئية مع كتابة القوانين لكل منهما؟

١٨- كيف تعبر عن الرقم العشرى [125] بالكود الثنائى؟

١٩- اذكر تركيب المطياف مع الرسم وما هى أنواع الطيف وكيف يستخدم المطياف لمعرفة مكونات سبيكة.

٢٠- ناقش مفهوم الاتزان الديناميكى الحرارى لشبه الموصل النقى ولماذا يكون السليكون شبه موصل.

٢١- وضح بالرسم طريقة الحصول على أشعة - X - باستخدام انبوبة كولدج وما هو تفسيرها. عن طريق الطيف الخطى المميز - والطيف المستمر.

٢٢- ١- أعد ترتيب العمليات الآتية حسب مراحل إنتاج الليزر؟

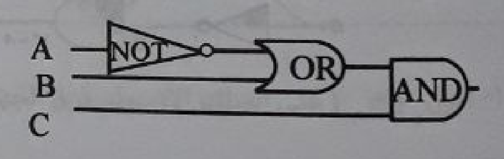
١- عملية التضخيم.
٢ - الإسكان المعكوس.
٣- خروج الشعاع من المرآة شبه العاكسة.
٤- الانبعاث المستحث.
٥ - عملية الضخ.
٦- الأنبعاث التلقائى.

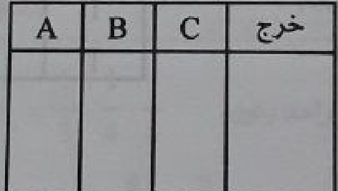
٢٣- سقط ضوء طوله الموجى 6000 أنجستروم على سطح معدن أنبعث إلكترونات وعند سقوط ضوء طوله الموجى 4000 أنجستروم انبعثت إلكترونات طاقتها ضعف طاقة الإلكترونات فى الحالة الأولى احسب دالة الشغل لهذا السطح.
$[1.65 \times 10^{-19} J]$

٢٤- اذكر خصائص أشعة الليزر وما هو أساس عمل الليزر مع شرح جهاز ليزر الهليوم النيون.

٢٥- ما هى الوصلة الثنائية وقارن بين التوصيل الأمامى والتوصيل الخلفى للوصلة الثنائية وما أهمية ذلك.

٢٦- جدول التحقيق للبوابات .





A	B	C	خرج

٢٧- ١- كيف تثبت الخصية الجسيمية للضوء

١- عن طريق ظاهرة كومبتون مع الرسم ؟

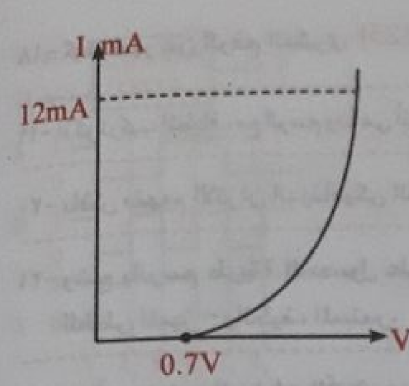
٢- عن طريق تفسير بلانك لإشعاع الجسم الأسود؟

٢٨- إلكترون طاقته 20eV إصطدم مع ذرة هيدروجين مستقرة فأثار الذرة إلى مستوى إثارة معين وتشتت الإلكترون الصادم بسرعة أقل من سرعته قبل التصادم وعندما عادت الذرة إلى الحالة المستقرة بعثت فوتون طول موجته 1.216×10^{-7}m احسب: السرعة التى تشتت بها الإلكترون الصادم.

[1.85 x 106]

٢٩- دايـود من السيليكون رسمة العلاقة البيانية بين I , V كما بالشكل موصـل ببطارية ومقاومة 470Ω موصلة أمامى وزيادة الجهد على الدايـود حتـى كان التيار 12mA احسب القـوة الدافعة للبطارية.

[6.3V]



٣٠- الشكل المقابل يمثل رسمًا مبسطًا لمخطط مستويات الطاقة فى ليزر (الهيليوم - نيون).

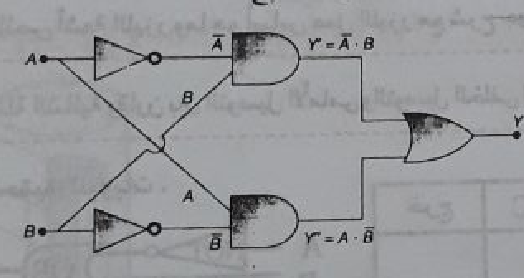
١- كيف تنتقل ذرات الهيليوم لمستوى الطاقة شبه المستقر؟

٢- لماذا تنتقل الطاقة من ذرة هيليوم إلى ذرة نيون؟

٣- لماذا تتراكم ذرات النيون فى المستوى E_2؟

E_3
E_2
E_1
شعاع ليزر
الحالة الأرضية
حالات الهيليوم
حالات النيون

٣١- اكتب جدول التحقيق للبوابات الموضحة بالشكل وماقيمة العدد العشرى للخرج.



A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

[6]

اجابات الاختبارات على الوحدة الأولى

الاختبار الأول

اولا: الاختيار من متعدد

١- ب	٢- ب	٣- ج	٤- جـ	٥- ب
٦- جـ	٧- ب	٨- أ	٩- ب	١٠- ب
١١- ج	١٢- ب			

توضيح: رقم (٨) مقاومة الفرع $0.62r = 2r\cos 72 = CD$
لذلك تصبح

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{0.62r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2.62}{2\times0.62}\right)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{2.62}{1.24r} \qquad \therefore R = \frac{1.24r}{2.62}$$

$$\text{Equivalent } R' = 2R + r = 2\times\frac{1.24r}{2.62} + r$$

$$= r\left(\frac{2.48}{2.62} + 1\right) = 1.946r$$

٩- يعتبر السلك الذى يقطع الفيض هو المسافة بين السلكين المتوازيين وهى تساوى $\sqrt{2}$

$\therefore emf = BLV = 2 \times \sqrt{2} \times 8 = 16\sqrt{2}V$

١٠- يصبح كما لو كان سلك المسافة بين طرفيه 10cm $\quad \therefore F = BIL$

١١- تكون $F_1 = F_2$ على السلك الأوسط، فرق الجهد واحد يكون $I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{3} : \frac{1}{4} : \frac{1}{5}$

$F_1 = \frac{\mu . I_1 I_2 L}{2\pi d_1}, F_2 = \frac{\mu . I_2 I_3 L}{2\pi d_2}$ منها $\frac{d_1}{d_2} = \frac{5}{3}$

٢٢- (جـ) القوة حسب إتجاه التيار تنافر مع (A) وتجاذب مع (B)

$1- F = F_1 + F_2$

$F = 2 + 10^{-7} \frac{I_1 . I_2 L}{d_1} + 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 . I_2 L}{d_2} = 2 \times 10^{-7} \times 2 \times 0.2 \left(\frac{10}{0.5} + \frac{5}{0.1}\right)$

يتحرك B جهة A وبقوة $= 3.5 \times 10^{-5}$ =

عندما ينعكس إتجاه (A) تصبح القوة = صفر لأن السلك (B) فى منطقة تعادل.

الباقى أجب بنفسك.



الاختبار الثانى

أولا: الاختيار من متعدد

١- د	٢- د	٣- ج	٤- ب	٥- أ
٦- جـ	٧- د	٨- ب	٩- ب	١٠- د
١١- ب، د	١٢- ج	١٣- E	١٤- ج	١٥- ب

توضيح:

١٠- التيار يكون متساوى فى الفرعين فى حالة ١، ٣ تكون كثافة الفيض تساوى صفر فى المركز لأنهما متساويان ومتضادان.

١١- شدة التيار واحدة فى التوالى لجميع الموصلات ولكن السرعة تزيد فى المقاطع الضيقة لذلك الجواب ب، د

١٢- يعتبر سلك مستقيم طوله المسافة بين ab وهى 10cm

$$F = BIL = 2 \times 4 \times 0.1 = 0.8N$$

١٤- حيث $\frac{60}{360} = N \quad \frac{1}{6} , \frac{\mu.IN}{2r}$

$$B_t = B_1 - B_2 + B_3 ,$$

$$B_t = \frac{\mu}{6r} - \frac{\mu}{4r} + \frac{\mu}{2r} = \frac{\mu}{r}\left[\frac{1}{6} - \frac{1}{4} + \frac{1}{2}\right] = \frac{5\mu}{12r}$$

٢٨-

$$R_t = 100 + 200 = 300\Omega$$

$$X_{L1} = 0.2 + 100 = 200\Omega \quad , \quad X_{L2} = 0.3 + 1000 = 300\Omega$$

$$C = C1 + C_2 = 10 \times 10^{-6}F \qquad \therefore X_L = \frac{1}{100 \times 100 \times 10^{-6}} = 100\Omega$$

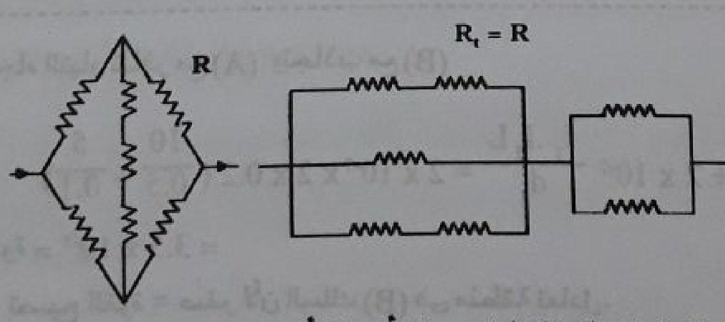
$$Z = \sqrt{(300)^2 + (500 - 100)^2} = 500\Omega$$

$$V_1 = IZ_1 = 0.4\sqrt{(100)^2 + (200)^2} = 89.4V$$

$$V_2 = IZ_2 = 0.4\sqrt{(100)^2 + (100)^2} = 56.6V$$

$$V_3 = IR_2 = 0.4 \times 200 = 80V$$

٢٩- توصل كما بالشكل:



٣٠- يتغير إتجاه التيار لتغير إتجاه المجال المغناطيسى الرأسى للأرض حيث قبل خط الأستواء يكون المجال لأعلى وبعده يكون لأسفل (عند الشمال)- تطير الطائرة عند المصب حسب إتجاه المجال المغناطيسى الموضع عليها.

$$emf = B.LV = 5.2 \times 10^{-5} \times 40 \times 150 = 0.156V$$

الباقى أجب بنفسك.

الاختبار الأول

أولا: الاختيار من متعدد

١- ب ٢- أ

٦- أ ٧- A ٣- ج ٤- ج ٥- ب

٨- أ ٩- ١٠-

٩- الخرج هو (0110)

١٠- فى المسار المغلق (1) الدخل

$4 = 20 \times 10^3 I_B + V_{BE}$

$\therefore 4 - 0.7 = 20000\ I_B$

$\therefore I_B = 165\ \mu A$

$I_c = \beta_e . I_B = 50 \times 165 \times 10^{-6} = 8.25mA$

فى المسار المغلق (2) الخرج

$V_0 + 100\ I_c = 6$

$\therefore V_0 = 6 - 0.825 = 5.175V$

$V_0 = V_{cE}$

١٦-

$\therefore ev = \frac{hc}{\lambda} \qquad \therefore V = \frac{hc}{e\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.2 \times 10^{-10}}$

$= 6.2 \times 10^{-4}$ فولت

١٨- (أ) راجع الشرح

(ب) ثانيًا:

$\{1\,1\,0\,1\,0\,0\,1\} = 1 \times 2^0 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^6$

$= 1 + 8 + 32 + 64 = 105$

١٩- أقصر λ عند الهبوط من ما لا نهاية إلى المستوى الثانى

$E_\alpha + E_2 = h\upsilon \therefore 0 - (-3.4) \times 1.6 \times 10^{-14} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^2}{\lambda}$

منها $\lambda = 3653\ A^o$

٢٣- هو الجواب (ج)

$$V_{RB} = 6 - 0.6 = 5.4V$$

$$\therefore R_B = \frac{5.4}{50 \times 10^{-6}} = 108K\Omega$$

$$I_C = \beta_e \times I_B = 100 \times 50 \times 10^{-6} = 5mA, \quad V_{RC} = 6 - 3.5 = 2.5V$$

$$\therefore R_L = \frac{2.5}{5 \times 10^{-3}} = 500\Omega$$

باقى الأسئلة أجب بنفسك بالاستعانة بالوسام شرح.

إجابة الاختبار الثانى

أولا: الاختيار من متعدد

١- ب   ٢- ج   ٣- B   ٤- أ   ٥- A

٦- أ   ٧- د   ٨- أ

١١- الجواب هو جـ

1- التردد $\upsilon = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{3800 \times 10^{-10}} = 7.9 \times 10^{14}$ Hz

2- الطاقة $= h\upsilon = 6.625 \times 10^{-34} \times 7.9 \times 10^{14} = 52.3 \times 10^{-20}$ J

3- الكتلة $= \frac{h\upsilon}{C^2} = \frac{52.3 \times 10^{-20}}{9 \times 10^{16}} = 5.8 \times 10^{-38}$ Kg

4- $P_L = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{38 \times 10^{-8}} = 1.7 \times 10^{-27}$

١٢- الجهاز هو الخلية الكهروضوئية والمكونات كما بالرسم

الظاهرة الكهروضوئية

١٣- أن يكون تردد الضوء الساقط أكبر من التردد الحرج لسطح الكاثود ولا تنبعث الإلكترونات إذا كان التردد أقل من التردد الحرج أو دالة الشغل أكبر من طاقة الشعاع الساقط.

١٤- بزيادة جهد الأنود الموجب وزيادة الشدة للضوء الساقط المعادلة $K.E = h\nu - E_w$

١٥- تزيد شدة الضوء ويزيد معدل الانبعاث ويزيد شدة التيار وتزيد قراءة الأميتر إذا كان التردد أكبر من الحرج يظل التيار ثابت وإذا كان أقل لا تنبعث مهما كانت المدى.

١٧- $F = \frac{2P_w}{C} = \frac{2 \times 10}{3 \times 10^{8}} = 6.7 \times 10^{-8}$N

٢٤- من معادلة أنيشتين

$$KE = \frac{hc}{6000 \times 10^{-10}} - Ew \longrightarrow (1)$$

$$2KE = \frac{hc}{4000 \times 10^{-10}} - Ew \longrightarrow (2)$$

من (1) و (2)

$$Ew = 1.65 \times 10^{-19}$$

٢٧- (ب) ثانيًا: خرج البوابات هو كما بالجدول التحقيق.

A	B	C	خرج
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	1
1	0	1	0
0	1	1	1
1	1	1	1

٢٩- طاقة الإلكترون الصادم = طاقة الإلكترون بعد التصادم + طاقة الفوتون المنبعث

$$20 \times 1.6 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{hc}{\lambda}$$

$$\therefore 32 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times V^2 + \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.216 \times 10^{-7}}$$

منها $V = 1.85 \times 10^6$ m/s

٣٠- $V_B = V_D + IR = 0.7 - 1.2 \times 10^{-3} \times 470 = 6.3V$

الفهرس